



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Pedro Miguel Sequeira Rosado

**MELHORIA DE UM PROCESSO DE MUDANÇA DE
FABRICO APLICANDO UM MÉTODO SMED
MODIFICADO: UM ESTUDO DE CASO EM
PRENSAS DE CORTE E CONFORMAÇÃO**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial orientada
pelo Professor Doutor Cristóvão Silva e apresentada ao Departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra.

Julho de 2023



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Melhoria de um processo de mudança de fabrico aplicando um método SMED modificado: Um estudo de caso em prensas de corte e conformação

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Improving a manufacturing changeover process by applying a modified SMED method: A case study on die-cutting and forming presses

Autor

Pedro Miguel Sequeira Rosado

Orientadores

Professor Doutor Cristóvão Silva

Engenheiro Tiago Seiça

Júri

Presidente Professora Doutora **Aldora Gabriela Gomes Fernandes**
Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professora Doutora **Vanessa Sofia Melo Magalhães**
Professora Convidada da Universidade de Coimbra

Orientador Professor Doutor **Cristóvão Silva**
Professor Associado da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Sramport - Transmissões Mecânicas,
Lda

Coimbra, julho, 2023

“Some men see things as they are and say ‘why?’ I dream things that never
were and say, ‘why not?’”

George Bernard Shaw

Aos meus pais.

Agradecimentos

O trabalho apresentado neste documento é o culminar de 5 anos de aprendizagem, não só de conhecimento teórico, mas também aprendizagem pessoal, que surgiu através de inúmeras experiências e oportunidades que foram possibilitadas e partilhadas com pessoas, às quais eu não posso deixar de agradecer.

Em primeiro lugar aos meus pais, sem os quais não seria a pessoa que sou hoje, e sem os quais este percurso não seria possível. Que sempre fizeram a sua prioridade o meu crescimento, e a obtenção de educação que permitisse alcançar os meus objetivos futuros. Por tudo isto, e muito mais, fico eternamente agradecido.

Quero também agradecer ao meu orientador, o professor Cristóvão Silva, pela transferência de conhecimento, e por toda a ajuda que me foi fornecida ao longo destes 5 meses.

Além disso quero agradecer a minha namorada Inês e a todos os amigos que me acompanharam, aqueles que já conhecia e também aqueles que felizmente pude conhecer já durante a Universidade. Obrigado por todos os momentos que partilhámos juntos, e por toda a ajuda que sempre me deram. Dando um agradecimento muito especial ao meu grupo de amigos “colunas”, por terem feito destes 5 anos muito bonitos.

Não posso também deixar de agradecer a todas as pessoas da SRAM que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste projeto, realizando um agradecimento especial ao meu orientador, ao Eng. Tiago Seiça, pelo acompanhamento durante todo o período do estágio e pelo facto de estar sempre disponível para me ajudar ou tirar qualquer dúvida.

A todas estas pessoas, e todas as outras que de alguma forma contribuíram para este inesquecível percurso académico, o meu muito obrigado.

Resumo

SMED é uma das principais ferramentas da filosofia *Lean*, não só porque permite diminuir substancialmente os tempos de *setup*, mas também porque é uma alavanca essencial para aplicar outras ferramentas *lean*, tais como a utilização de um sistema *pull* de produção. No entanto, tanto a sua implementação como a manutenção de resultados são complexas e traduzem-se regularmente num processo complicado que acaba por não obter os resultados pretendidos a longo prazo.

Com isto em mente, é o objetivo desta dissertação apoiar a Sramport - Transmissões Mecânicas, Lda, na diminuição dos tempos de *setup* numa das prensas da sua fábrica, bem como a criação de elementos visuais e mecanismos que permitam aos operadores compreender as mudanças criadas, facilitando que estes realizem o processo de mudança de fabrico identicamente entre si. Além disto, é também objetivo desta dissertação delinear um método para realizar projetos de SMED, não só noutras prensas, mas também noutras máquinas presentes na fábrica.

A análise do estado atual do sistema permitiu aferir que o processo de mudança de fabrico se encontrava caótico, já que os tempos atingidos em grande parte das mudanças analisadas era superior ao esperado, sendo que isto acontecia em 86% dos casos. Além disso, foi possível verificar que o processo apresentava um nível de variabilidade elevado, tendo sido calculado o coeficiente de variabilidade de 123%, através da diferença percentual entre o tempo esperado e o tempo obtido. Foi ainda concluído que este estado se devia em grande parte à falta de padronização do trabalho, bem como ao problema técnico de afinação dos módulos da prensa.

Após as primeiras observações definiu-se que o tempo a melhorar era aproximadamente 3 horas e 7 minutos, tendo este sido diminuído para 57 minutos. Este decréscimo de tempo foi ainda acompanhado da diminuição da variabilidade do processo.

Concluído, é possível afirmar que, não só os objetivos de redução de tempo foram obtidos, bem como foi possível alcançar uma redução de variabilidade através da padronização do trabalho, delineando ainda um método de aplicação de SMED passível de ser utilizado em projetos futuros.

Palavras-chave: SMED, Instruções de trabalho, Mudança de fabrico, Prensa.

Abstract

SMED is one of the main tools of the Lean philosophy, not only because it allows for a substantial reduction in setup times but also because it is an essential lever for applying other lean tools, such as the use of a pull production systems. However, both its implementation and the maintenance of results are complex and regularly translate into a complicated process that ultimately does not achieve the desired long-term results.

With this in mind, the objective of this dissertation is to support Sramport - Transmissões Mecânicas, Lda, in reducing setup times in one of the presses in their factory, as well as creating visual elements and mechanisms that enable operators to understand the changes made, so that all operators perform the manufacturing change process identically. In addition, the objective of this dissertation is also to set a method for implementing SMED projects not only in other presses but also in other machines present in the factory.

The analysis of the current state of the system allowed to conclude that the manufacturing change process was chaotic, as the times recorded for the majority of the analyzed changes exceeded the expected values, which occurred in 86% of the cases. Furthermore, it was possible to verify that the process exhibited a high level of variability, with a coefficient of variability of 123%, calculated based on the percentage difference between the expected time and the actual time obtained. It was also concluded that this state was largely due to a lack of work standardization, as well as technical issues with the adjustment of the press modules.

After the initial observations, it was determined that the initial time to be improved was approximately 3 hours and 7 minutes, which was reduced to 57 minutes in the end of the project. This decrease in time was accompanied by a reduction in process variability.

In conclusion, it can be stated that not only were the objectives of time reduction achieved, but also a reduction in variability, factor achieved through work standardization. While also outlining a method for implementing SMED that can be used in future projects.

Keywords SMED, Work instructions, Manufacturing changeover, Press.

Índice

Índice de Figuras	XI
Índice de Tabelas	XIII
1. Introdução	1
1.1. Contextualização e motivação	1
1.2. Objetivos e estrutura	1
2. Revisão de literatura	3
2.1. Introdução	3
2.2. SMED	3
2.2.1. Origem do conceito	3
2.2.2. Princípios da ferramenta SMED	4
2.2.3. Análise crítica ao conceito de SMED	5
2.2.4. Implementação de SMED	7
2.2.5. Manutenção de resultados	8
2.2.6. Digitalização de SMED	9
2.3. Instruções de trabalho	9
2.3.1. Introdução	9
2.3.2. Digitalização de instruções de trabalho	11
3. Metodologia	13
3.1. Introdução	13
3.2. Recolha de dados	13
3.3. Modelo de tomada de decisão	14
4. Estudo de caso	17
4.1. Introdução	17
4.2. Apresentação da empresa	17
4.3. Descrição da máquina em análise	17
4.4. Descrição do processo físico e de decisão	19
4.5. Análise do estado atual	22
4.6. Implementação de melhorias	28
4.6.1. Primeira ronda de melhorias	28
4.6.2. Segunda ronda de melhorias	33
4.7. Análise de resultados	38
5. Considerações finais	41
5.1. Conclusão	41
5.2. Limitações	42
5.3. Trabalho futuro	42
Referências bibliográficas	43
ANEXO A – Dados utilizados para a caracterização do estado atual	47
APÊNDICE A – Diferentes mudanças de fabrico possíveis na prensa Haulick	49
APÊNDICE B – Análise das operações da primeira ronda de melhorias	50
APÊNDICE C – Fluxograma criado para a primeira ronda de melhorias	56
APÊNDICE D – Documento com todas as operações a realizar pelos operadores após a primeira ronda de melhorias	57

APÊNDICE E - Análise das operações da segunda ronda de melhorias (operador 1)	60
APÊNDICE F - Análise das operações da segunda ronda de melhorias (operador 2).....	63
APÊNDICE G - Documento com todas as operações a realizar pelos operadores após a segunda ronda de melhorias	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Número de referências a diferentes processos de fabrico onde foi aplicado SMED (da Silva & Godinho Filho, 2019).....	4
Figura 2.2. Tempos de <i>setup</i> e de aceleração (R. McIntosh et al., 2007).....	7
Figura 2.3. Fatores que conduzem a instruções de trabalho de baixa qualidade (Haug, 2015).....	10
Figura 3.1. Modelo de tomada de decisão para aplicar SMED (Ahmad et al., 2017).....	14
Figura 4.1. Fluxos de placas dentro da fábrica.	20
Figura 4.2. Análise dos tempos de mudança de fabrico das prensas.	23
Figura 4.3. Diagrama de Ishikawa relativo às variáveis que afetam o tempo de <i>setup</i>	24
Figura 4.4. Análise de Pareto referente ao tempo de cada grupo do processo de <i>setup</i>	26
Figura 4.5. Análise de Pareto referente ao tempo das operações do grupo de operações prévias.	27
Figura 4.6. Representação do estado do processo atual (diagrama superior) e o desejado após o final do projeto de estágio (diagrama inferior).	27
Figura 4.7. Exemplo de uma pasta que acompanha os módulos.	31
Figura 4.8. Quadro de módulos.	32
Figura 4.9. Diagramas de esparguete referentes às movimentações dos operadores no estado inicial do projeto (figura de cima) e no estado final do projeto (figura de baixo).....	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1. Distribuição do tipo de operações observadas.....	25
Tabela 4.2. Grupo de operações da mudança de fabrico observada.....	26
Tabela 4.3. Excerto da tabela que apresenta a aplicação da metodologia utilizada.	28
Tabela 4.4. Descrição das operações realizadas.....	34

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização e motivação

A constante evolução do contexto industrial e crescente competitividade dos mercados mundiais faz com que, cada vez mais, a otimização de processos e, conseqüente, eliminação de desperdícios de forma a conseguir atingir pequenas melhorias, seja sistematicamente levada a cabo por parte das empresas. Sendo que as fábricas são um ponto da cadeia de abastecimento fundamental e em que a redução de custos é crucial para conseguir produtos de qualidade a um preço competitivo.

Tendo isto em mente, a implementação de ferramentas *lean* tal como o SMED, torna-se fulcral para o bem-estar financeiro das empresas, sendo ainda uma importante alavanca competitiva em relação aos restantes elementos do mercado, permitindo uma redução de desperdícios e de custos.

Face ao exposto, é objetivo desta dissertação e do estágio curricular subjacente a diminuição dos tempos de *setup* das prensas de corte e conformação da fábrica Sramport – transmissões mecânicas, LDA, que será referida daqui em diante como SRAM.

Esta diminuição, torna-se importante face ao crescimento que tem vindo a ser sentido na procura dos produtos comercializados pela empresa, e pelo aumento do número de diferentes produtos disponíveis para produção, o que por consequência, leva à necessidade de mais mudanças de fabrico. A necessidade de reduzir os tempos de *setup*, surgiu também devido à recente reestruturação do sistema *kanban*, sob o qual funciona toda a produção da fábrica, uma vez que, o mesmo está idealizado para funcionar sobre uma filosofia FIFO (*First In First Out*). Este sistema apenas é passível de ser aplicado se existirem mudanças de fabrico eficientes, ágeis, que consumam pouco tempo e apresentem variabilidade reduzida.

1.2. Objetivos e estrutura

De forma a levar a cabo o projeto foi criada uma equipa composta por 7 elementos, com responsabilidades ao nível da melhoria contínua, qualidade e engenharia da manufatura, que ao longo dos 5 meses do estágio supervisionaram o projeto a desenvolver. Sendo importante definir um objetivo, foi determinado que era necessário

reduzir em 15% o tempo de paragem das prensas durante uma mudança de fabrico. Uma vez que a fábrica possui 10 prensas, tornou-se claro que não seria possível neste espaço de tempo levar a cabo a redução dos tempos de *setup* em todas, pelo que o projeto se focou apenas numa prensa. Foi também definido que traria valor a empresa a definição do método de aplicação de SMED, de forma que o mesmo pudesse ser utilizado em projetos futuros.

A dissertação está organizada em cinco capítulos. O atual capítulo, pretende contextualizar o tópico da dissertação, bem como a sua motivação, principais objetivos e a estrutura subjacente ao documento. Já no segundo capítulo é exposta a revisão de literatura que serve como enquadramento teórico ao problema em análise, e uma base para compreender os conceitos necessários para levar a cabo o projeto de forma estruturada e científica. O terceiro capítulo explana a metodologia utilizada para realizar a recolha de dados, bem como o modelo de tomada de decisão empregue. O quarto capítulo é destinado a avaliação do estado atual do processo de mudança de fabrico, assim como a formulação das medidas e análise dos resultados da implementação das mesmas. Por último, é apresentado o quinto capítulo, que tem por base expor as principais conclusões a retirar da realização desta dissertação, bem como as principais limitações sentidas e possíveis trabalhos futuros que possam ser realizados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Introdução

De forma a entender e caracterizar uma determinada área de conhecimento é fulcral que, em primeira instância sejam analisadas as contribuições de vários autores em relação a dita área de conhecimento. Assim sendo, a presente secção apresenta-se com o objetivo de elucidar o atual estado de arte no que toca à implementação da ferramenta SMED, e à criação e utilização de instruções de trabalho num contexto industrial.

Desta forma, a presente revisão de literatura será estruturada no seguinte formato: em primeiro lugar, é realizada uma breve descrição daquilo que é o SMED e o porquê da importância deste conceito. De seguida, são apresentadas análises críticas ao conceito original de SMED, à sua implementação e manutenção de resultados. Finalmente, é apresentada uma visão de como utilizar ferramentas digitais para realizar a implementação de SMED. Numa terceira secção são apresentadas as diferentes ferramentas utilizadas para gerar instruções de trabalho e, conseqüentemente, manter as melhorias obtidas. Por fim, é apresentado o atual estado de arte no que toca a instruções de trabalho nas suas várias vertentes, incluindo a utilização de meios digitais e de realidade virtual.

2.2. SMED

2.2.1. Origem do conceito

O conceito em que a ferramenta SMED ou “*Single Minute Exchange of Die*” se baseia remonta aos anos 50 do século XX, no contexto fabril do Japão, tendo sido idealizado e disseminado por Shingeo Shingo. A primeira publicação que apresenta as ideias da ferramenta SMED no mundo ocidental surgiu em 1985 com a obra (Shingo & Dillon, 1985).

SMED é introduzido como uma ferramenta que permite que as operações de *setup* sejam otimizadas e, conseqüentemente, realizadas em menos de 10 minutos. A ferramenta SMED surgiu perante as mudanças no panorama da indústria da manufatura. Foi desenvolvida de forma a solucionar o problema decorrente da crescente necessidade de produzir uma variedade mais ampla de produtos em quantidades reduzidas. Essa

necessidade está relacionada com a aplicação do conceito de customização em massa, que começou a ser identificado na década de 80 por (Kotha & Pine, 1994). Para alcançar este objetivo, tornou-se indispensável reduzir o tamanho dos lotes, o que por sua vez, resultou no aumento do número de operações de *setup* necessárias.

Este aumento do número de operações de *setup* resultava em decréscimos na produtividade das fábricas, pelo que se tornou fulcral criar uma metodologia que permitisse uma consistente redução dos tempos das operações de *setup*, em qualquer tipo de processo. Atualmente, a metodologia SMED é utilizada não só em prensas como na sua origem, mas é sim utilizada universalmente em diversos processos de fabrico presentes em diversas indústrias. Alguns dos processos de fabrico em que SMED é mais frequentemente utilizado e documentado na literatura, são de seguida apresentados na figura 2.1 (da Silva & Godinho Filho, 2019).

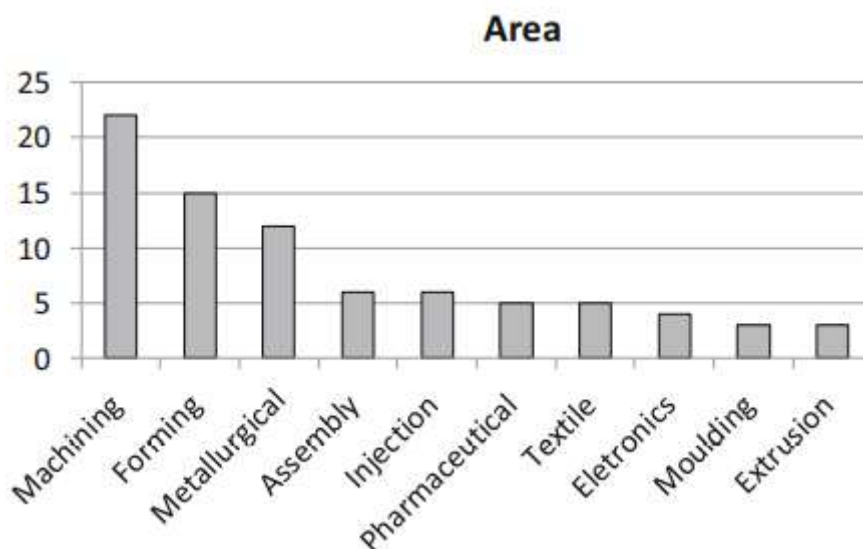


Figura 2.1. Número de referências a diferentes processos de fabrico onde foi aplicado SMED (da Silva & Godinho Filho, 2019).

2.2.2. Princípios da ferramenta SMED

A aplicação original de SMED é descrita extensivamente em (Shingo & Dillon, 1985). Neste livro é exposto que o processo de diminuição dos tempos de *setup* pode ser subdividido em três grandes fases, incluindo ainda uma fase preliminar.

Em primeiro lugar, e compondo a fase preliminar, é necessário realizar um estudo do estado atual das operações de *setup*. Este estudo é realizado através de uma análise de tempos com um cronómetro, ou, através da gravação da mudança de fabrico e posterior análise da mesma. Este último método é, segundo (Shingo & Dillon, 1985), o mais eficaz,

além de ser aquele que mais frequentemente é apresentado na literatura referente à implementação de SMED. De seguida, é necessário levar a cabo a primeira grande fase do SMED, sendo também a de maior relevância já que é a que conduz a maiores ganhos com pouco ou nenhum investimento monetário, correspondendo à separação entre atividades internas e externas. As operações externas são todas aquelas que podem ser realizadas quando a máquina em análise está parada, enquanto, as operações internas são aquelas que são passíveis de serem executadas com a máquina em funcionamento. Esta separação consiste em agrupar todas as operações externas em dois grupos, o grupo de operações a realizar antes da mudança de fabrico e o grupo de operações a realizar após o final da mudança de fabrico. Esta fase é suscetível de reduzir os tempos de *setup* entre 30% a 50% (Shingo & Dillon, 1985).

A segunda fase consiste na conversão do máximo número possível de atividades internas em atividades externas, algo que pode ser atingido de duas formas: através de uma nova análise do processo, de forma a verificar se uma operação que se considerava interna é de facto executável de forma externa, ou, desenvolvendo mecanismos para transformar operações que de facto de momento são internas em operações externas.

Em último lugar, existem operações internas que são dificilmente convertidas em externas, pelo que, a terceira fase requer uma visão mais aprofundada e detalhada das operações, de forma possibilitar a otimização das mesmas no que toca ao seu tempo de execução.

É de notar que apesar das últimas duas fases serem apresentadas de forma separada por Shingo, o mesmo refere que ambas podem ser realizadas em simultâneo.

2.2.3. Análise crítica ao conceito de SMED

A natural evolução a nível mundial do contexto industrial que se viveu desde a génese do SMED afetou a forma como certos autores encaram a metodologia em que se baseia a implementação desta ferramenta, criando um clima propício à idealização de certas alterações ou otimizações. Estas modificações advieram do contexto industrial atual, tirando partido de ferramentas que também elas evoluíram desde a criação de SMED, ou, que simplesmente não existiam aquando da conceção do mesmo.

Segundo vários autores, a metodologia SMED, tal como apresentada por Shingeo Shingo revela determinadas lacunas que devem ser endereçadas. No artigo (Sugai et al., 2007) é argumentado que é dado demasiado ênfase às duas primeiras fases da metodologia

proposta originalmente, ou seja, à identificação do tipo de atividades e conversão de atividades internas para atividades externas, descurando assim a terceira fase, a de otimização das operações, fase que, na visão do autor, pode alcançar os mesmos benefícios, senão benefícios superiores.

Além da falta de atenção fornecida à última fase da metodologia SMED, é ainda referido por (R. I. McIntosh et al., 2010) que existe alguma falta de atenção no que toca ao design dos processos e das máquinas que são utilizadas. Além disto, é ainda mencionado que alterações no design podem tornar as ações subsequentes de modificação das atividades internas para externas inúteis. É também argumentado por este autor que a rigidez de seguir as 3 fases do SMED sequencialmente, tal como proposto, pode não ser o mais vantajoso em certos casos, já que a terceira fase, a de otimização das tarefas, pode ter um grande impacto se realizada em primeiro lugar.

Por fim, diversos artigos como (R. McIntosh et al., 2007), (Sugai et al., 2007) e (R. I. McIntosh et al., 2010) referem que a metodologia SMED original não tem em conta o período imediatamente após o fim da mudança de fabrico. Através desta crítica, os autores visam a inexistência de cuidado formal e documentado fornecido ao período que ocorre depois do período de *setup*, definido pelos autores como período de aceleração, ou em inglês, “*run-up period*”. Segundo os autores, este período carece de tanta atenção como o período de *setup*, uma vez que, em vários casos o nível de produção existente durante este período não se assemelha àquele que se pode observar durante condições normais de funcionamento de uma máquina. Na figura 2.2 (R. McIntosh et al., 2007), é possível analisar um exemplo deste fenómeno, em que o período de aceleração é de facto muito superior ao período de *setup*. Devido a casos como este, é proposto pelo autor que o período de aceleração também deva ser considerado aquando da análise do tempo total de mudança de fabrico. Esta afirmação leva à conclusão de que o objetivo de um projeto SMED deveria ser reduzir este tempo total e não apenas o tempo de *setup*.

Em jeito de conclusão desta secção, é também descrito no artigo (R. McIntosh et al., 2007) que, além dos passos propostos por Shingo, deve-se também ter em atenção a altura em que se começam as diferentes atividades que compõe a operação de *setup*, já que este fator pode não só alterar o tempo de *setup* em si como pode também prejudicar ou beneficiar o tempo de aceleração.

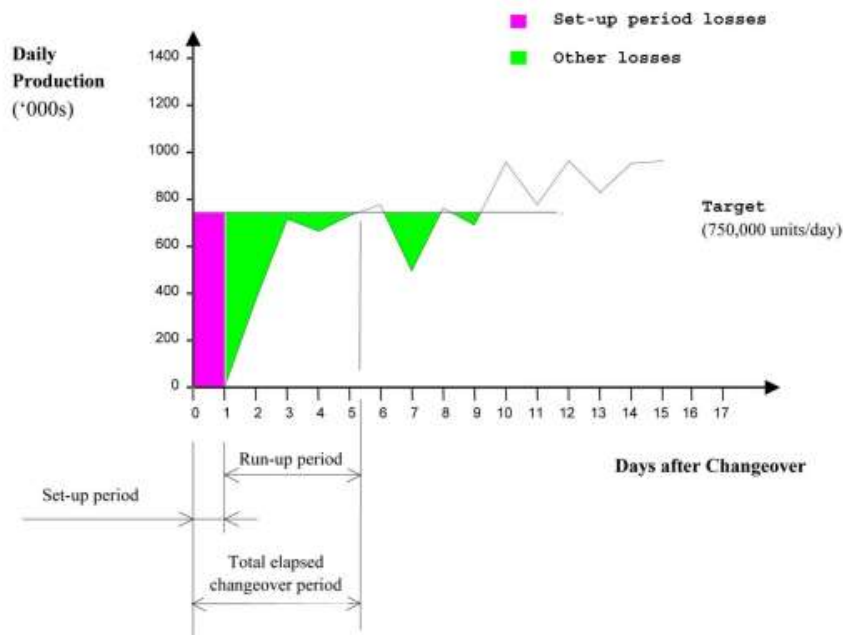


Figura 2.2. Tempos de *setup* e de aceleração (R. McIntosh et al., 2007).

2.2.4. Implementação de SMED

Apesar desta ferramenta não demonstrar à primeira vista grandes obstáculos à sua implementação, devido à sua simples base teórica, nem sempre se dá o caso do processo de implementação ser claro ou linear. De facto, a maior parte dos projetos focados em SMED são de difícil implementação e carecem de um planeamento cuidadoso (Ferradás & Salonitis, 2013), da utilização de ferramentas adicionais de análise do processo inicial (Stadnicka, 2015) e de ferramentas para garantir a manutenção dos resultados obtidos, tal como instruções de trabalho, ou, outras ferramentas associadas a filosofia *lean* (da Silva & Godinho Filho, 2019). Neste sentido, é importante planear a implementação de cada uma das fases do SMED de forma a poder tirar partido de cada uma delas.

Foi documentado por (Pacheco & Heidrich, 2021) que, é extremamente importante chamar à atenção da importância de SMED à gestão de topo, assim como a criação de uma equipa multidisciplinar para analisar o processo de mudança de fabrico e conduzir a implementação de SMED. Assim, é mais fácil alocar os recursos necessários a um projeto deste género.

Durante uma fase preliminar, é importante analisar o sistema tal como este se encontra, estado AS-IS, através da observação de mudanças de *setup*, e entrevistas não estruturadas com os operadores (Fonda & Meneghetti, 2022). Depois desta análise, é

prática comum gravar as mudanças de fabrico (Morales Méndez & Silva Rodríguez, 2016), (Pacheco & Heidrich, 2021) de forma a, posteriormente, conseguir analisar individualmente todas as operações efetuadas.

Durante a análise das mudanças de fabrico, é também conveniente agrupar as operações individuais. Existem na literatura inúmeros agrupamentos que são passíveis de ser utilizados em qualquer tipo de processo. Um agrupamento possível é o identificado originalmente por Shingo (Shingo & Dillon, 1985). Outros grupos têm vindo a ser idealizados por diferentes autores (Morgado et al., 2013), no entanto, existem autores que realizam este agrupamento tendo por base o processo que estão a analisar, utilizando grupos que apenas se adequam ao seu caso (Martins et al., 2018) e (Ahmad et al., 2017).

No que toca à *framework* utilizada para conduzir um projeto de SMED existem diversos autores que propõe *frameworks* que diferem de alguma forma do conceito tradicional de SMED, tendo em vista a colmatação de alguns dos problemas que os mesmos identificam, ou de forma a adaptar a metodologia a um caso específico (Ekincioğlu & Boran, 2018), (Ahmad et al., 2017), (Almomani et al., 2013)

2.2.5. Manutenção de resultados

Um dos principais problemas de realizar um projeto de SMED é a manutenção de resultados obtidos, ou seja, manter, por um período extenso, os tempos de *setup* próximos daquilo que se conseguiu atingir no final de um projeto (Culley et al., 2003). Apesar deste fenómeno se verificar, na grande maioria dos casos, pouca atenção é fornecida em ambiente industrial a este aspeto (R. McIntosh et al., 1996).

O autor (Culley et al., 2003), defende que existem certos fatores que afetam a manutenção dos resultados da implementação de SMED a longo prazo. Os mais relevantes são a atenção que se dá à modificação do design dos processos, a pressão existente por parte da gestão de topo para atingir resultados com a aplicação de SMED, bem como o apoio que estas pessoas ofereciam ao projeto e, por fim, a existência de pessoas chave que facilitavam a implementação de certas iniciativas e, conseqüentemente, ajudam a manter as mesmas.

Já (R. McIntosh et al., 1996) referencia que a maior parte dos projetos de SMED foca-se em mudança organizacional, ou seja, na forma como as pessoas trabalham, na standardização de processos e na formação. No entanto, projetos com um cariz de mudança de design dos processos, ou seja, em que existe investimento para modificar ou

trocar as máquinas em utilização, frequentemente resultam em maior facilidade de manutenção de resultados. Isto porque se gera uma dependência muito menor da realização correta e contínua dos processos, por parte das pessoas que compõem a organização.

2.2.6. Digitalização de SMED

Com a crescente necessidade das empresas tomarem decisões baseadas em dados provenientes do seu processo produtivo, torna-se imprescindível garantir a recolha automatizada destes mesmos dados.

É sobre este conceito que assenta o E-SMED (Peças et al., 2022), que tem por base alguns pontos chave, incluindo a existência de uma base de dados onde são armazenados tempos relativos aos tempos de *setup*, sendo que devem existir entradas ao nível macro e micro. O nível macro corresponde ao tempo total de uma mudança de fabrico, tendo em atenção que as mudanças devem ser categorizadas segundo diversos parâmetros (máquina, tipo de mudança, ferramentas...). O nível micro corresponde aos tempos de cada operação da mudança de fabrico (os tempos a nível micro apenas devem ser registados esporadicamente, mas de forma regular, para não consumir recursos humanos desnecessários).

A recolha de dados a nível macro deve ser realizada tendo por base sensores existentes nas máquinas criados para este efeito, já a recolha de dados de nível micro deve ser feita pelo operador, existindo diversos métodos para o fazer. Um dos métodos mais inovadores para o fazer recorre à utilização de um aparelho controlado pela voz do operador, o qual diz quando é que as operações começam e acabam. A grande vantagem do E-SMED é a facilidade que traz na análise de tempos e, conseqüentemente, na análise da variabilidade do processo de mudança de fabrico.

2.3. Instruções de trabalho

2.3.1. Introdução

Uma das principais ferramentas utilizadas em conjunto com SMED é a standardização do trabalho, tendo por base instruções de trabalho (da Silva & Godinho Filho, 2019). A conceção destas instruções deve ser cuidadosamente planeada, de forma que seja perceptível para qualquer pessoa que as esteja a ver pela primeira vez, a sequência

operações que tem de executar, permitindo aos trabalhadores realizar o seu trabalho de forma mais eficiente e com maior satisfação (Conner & Douglas, 2005)

Apesar da importância das instruções de trabalho, é relatado na literatura que na indústria em diversos casos a qualidade das mesmas não é suficientemente alta, podendo causar ineficiências (Huang & Inman, 2010) ou até mesmo acidentes que podem ser fatais (Lind, 2008).

Desta forma, é imprescindível perceber aquilo que constitui instruções de trabalho de qualidade e quais são as características que devem estar presentes, ou, devem ser evitadas aquando da conceção das mesmas. Segundo (Haug, 2015), existem 15 fatores que conduzem à criação de instruções de trabalho de baixa qualidade, os quais são representados na figura 2.3.

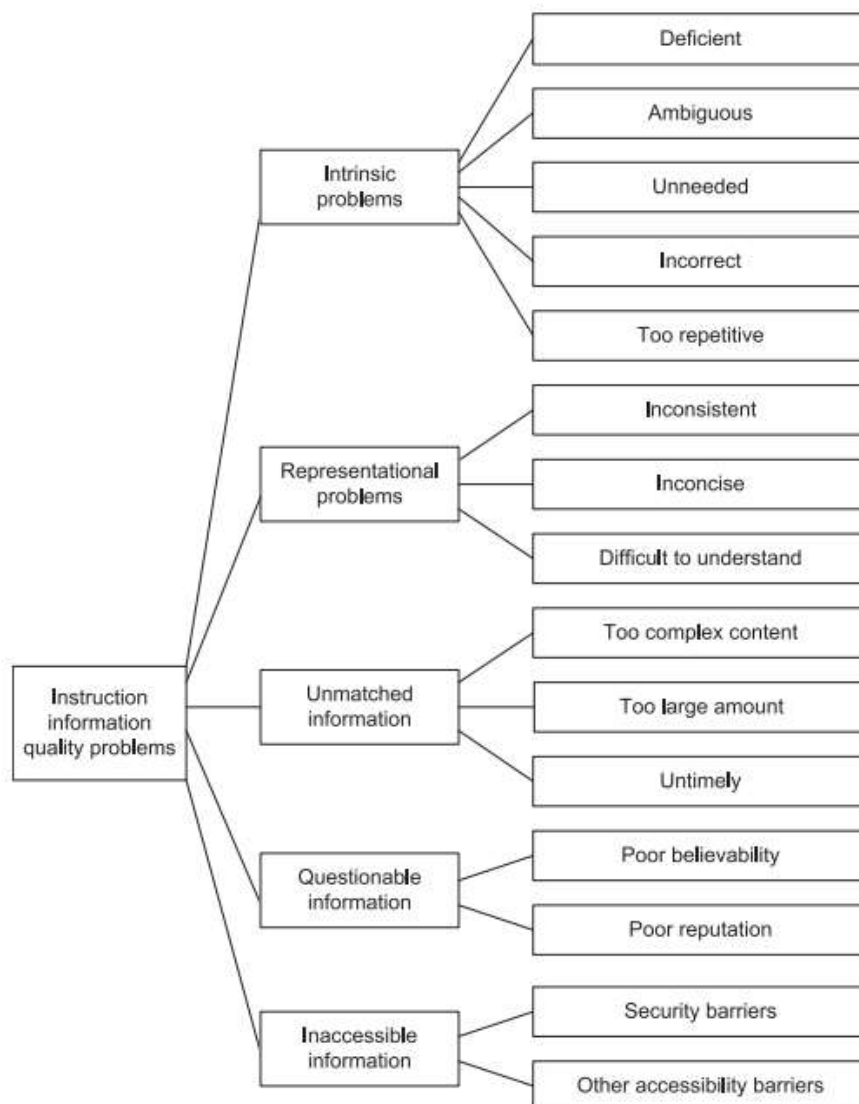


Figura 2.3. Fatores que conduzem a instruções de trabalho de baixa qualidade (Haug, 2015).

Segundo o autor, estes fatores podem por vezes ser discutíveis, dependendo do caso em questão. Nestes casos, estes fatores devem servir como incitador de discussão para resolver potenciais problemas. Outro tema referido na literatura é a utilização de imagens nos documentos que contêm as instruções de trabalho, uma vez que, permitem uma perceção mais fácil do conteúdo apresentado (Watson et al., 2010).

2.3.2. Digitalização de instruções de trabalho

A crescente digitalização da indústria fez com que invariavelmente a criação de instruções de trabalho passasse também para o plano digital. Esta digitalização tem vindo a ser realizada com recurso a monitores e passagem dos documentos físicos para documentos em formato digital, ou, mais recentemente utilizando realidade virtual e realidade aumentada (Horejsi et al., 2020), (Bhattacharya & Winer, 2019) e (Bosch et al., 2017).

A primeira questão que se levanta, é se de facto a digitalização das instruções de trabalho representa uma melhoria para as empresas. Segundo (Letmathe & Rößler, 2022), a utilização de instruções de trabalho digitais em detrimento de instruções baseadas em papel resulta no aumento significativo da performance dos trabalhadores. Além disso, é ainda referido que não existe qualquer benefício em manter as instruções em ambos os formatos, pelo que, se deve implementar uma mudança radical de instruções de trabalho em papel para instruções de trabalho digitais em todos os processos.

(Horejsi et al., 2020) concluiu que a utilização de qualquer tipo de instrução de trabalho digital diminui o tempo de aprendizagem dos colaboradores em cerca de 50% quando comparado com o tempo utilizado aquando da utilização de instruções de trabalho em papel.

(Bosch et al., 2017) analisou se existiam diferenças entre a utilização de instruções de trabalho digitais expostas num monitor, ou, instruções projetadas com recurso a realidade aumentada. Este concluiu que a utilização de instruções de trabalho com recurso a realidade aumentada amplifica significativamente o nível de performance dos trabalhadores, ao aumentar a sua produtividade e diminuindo a quantidade de erros gerados. Ao mesmo tempo, permite uma redução significativa da carga de trabalho dos operadores.

3. METODOLOGIA

3.1. Introdução

A redação deste capítulo surge da necessidade de evidenciar as técnicas, metodologias e ferramentas utilizadas para realizar a recolha de dados, demonstrando assim que os mesmos são fiáveis e representam informação valiosa e suscetível de ser utilizada. Além disso, o objetivo deste capítulo é demonstrar o modelo de tomada de decisão escolhido, tendo por base a revisão de literatura realizada, bem como as adaptações efetuadas de forma a que o mesmo se enquadrasse no presente estudo de caso. Deste modo, os seguintes subcapítulos são destinados a detalhar cada um destes pontos.

3.2. Recolha de dados

Os dados utilizados para definir o estado atual foram obtidos através de métodos mistos de recolha de dados. Em primeiro lugar, foram analisados dados secundários, recolhidos pelos operadores das prensas anteriormente ao início do estágio. Para isto, os operadores registavam numa folha de Excel dados relativos à hora de início da mudança de fabrico, a hora em que a mudança de fabrico terminava, o tipo de mudança de fabrico registada (ou seja, o produto que se estava a fabricar antes da mudança de fabrico e o produto que se passou a fabricar) e a prensa em que esta mudança ocorreu.

Além disso, durante um período de duas semanas foram realizadas diversas *gemba walks*, com o objetivo de observar diferentes mudanças de fabrico e, conseqüentemente, perceber como decorria este processo, tendo desta forma sido identificadas certas ineficiências no mesmo. Durante estas observações surgiram ainda discussões e questões para com os operadores das prensas de forma a tirar quaisquer dúvidas que pudessem existir sobre o processo.

Por fim, foram obtidos dados relativos ao tempo de uma mudança de fabrico no estado original, na prensa em que se foca do estudo. Para isto, foi gravada a mudança de fabrico na integra e, posteriormente, foi analisado o tempo de cada uma das operações realizadas, bem como o tempo total da mudança.

Os dados relativos aos tempos subsequentes, obtidos de forma a analisar a progressão do projeto, foram adquiridos através do mesmo método que os dados relativos

ao processo original, ou seja, através da gravação das mudanças de fabrico e posterior análise das mesmas.

3.3. Modelo de tomada de decisão

Tal como referido extensivamente na literatura e evidenciado na secção 2.2.3, a metodologia original de SMED apresenta certas lacunas e ineficiências que devem ser contabilizadas. Como tal, procurou-se utilizar uma *framework* que possuísse como base as fases originais da ferramenta SMED, mas que oferecesse certas mudanças que colmatassem alguns dos problemas apresentados e que se adaptasse de forma mais completa ao estudo de caso apresentado. Desta forma, foi utilizada uma adaptação da *framework* apresentada em (Ahmad et al., 2017), a qual pode ser visualizada esquematicamente na figura 3.1.

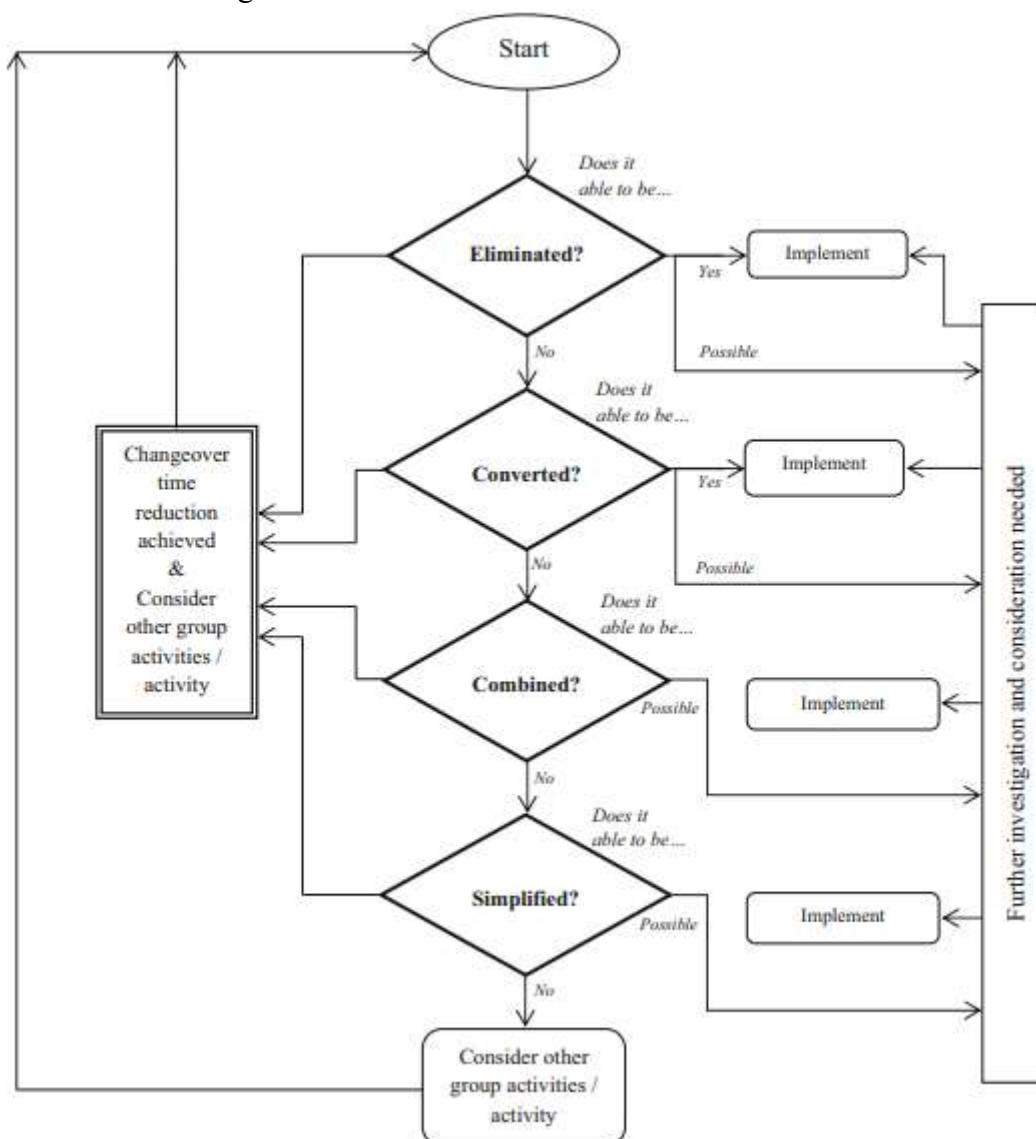


Figura 3.1. Modelo de tomada de decisão para aplicar SMED (Ahmad et al., 2017).

A metodologia aqui apresentada segue a seguinte lógica: em primeiro lugar, em discussão com a equipa encarregue do projeto são agrupadas da forma que fizer mais sentido as diferentes operações da mudança de fabrico, tendo o cuidado de não juntar no mesmo grupo, operações internas e externas. De seguida, estas operações são analisadas segundo 4 opções sequenciais, o que quer dizer que uma opção só deve ser considerada se a anterior não for possível de implementar. A primeira opção, é a eliminação da operação em questão, em segundo lugar, converter a operação de interna para externa, em terceiro, combinar, ou seja, verificar se duas ou mais operações podem ser realizadas em paralelo e por fim, simplificar, ou seja, otimizar as operações internas ou externas de forma a reduzir o tempo que estas consomem durante a mudança de fabrico.

Aquando da implementação desta *framework*, as duas primeiras opções têm de responder à pergunta: “Pode ser feito?”, sendo que existem 3 respostas possíveis: “Sim”, “Não” e “Possivelmente”. As respostas sim e não explicam-se a si próprias, se “Sim”, a medida é implementada, se “Não”, passa-se à próxima decisão na *framework*. Já a resposta “Possivelmente”, requer que a equipa responsável pelo projeto, analise como irá implementar a medida, bem como os benefícios, riscos e custos da implementação da medida, com o intuito de perceber se esta é viável.

As duas últimas opções apenas contêm a possibilidade de responder “Não” e “Possivelmente”, isto devido à natureza das próprias medidas necessárias para recorrer a estas opções. Se nenhuma das opções se adequar a determinada operação, deve-se recomeçar o ciclo para a operação seguinte até que sejam revistas todas as operações.

O autor desta *framework* apresenta o processo de melhoria através da implementação de uma única ronda de melhorias. No entanto, verificou-se durante o estágio que seria impossível analisar todas as operações da mudança de fabrico e tomar decisões sobre todas elas em simultâneo, devido à complexidade e estado caótico inicial do processo. Assim, o ciclo foi implementado duas vezes, para duas observações diferentes, tendo sido gerados dois conjuntos de melhorias a implementar.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Introdução

A presente secção está destinada à descrição das análises e medidas implementadas durante o decorrer do estágio curricular. Tendo em conta os vários níveis da cebola de Saunders referentes ao desenvolvimento de uma metodologia de investigação, no caso relatado é utilizada uma estratégia de estudo de caso com métodos mistos de recolha de dados, de forma a complementar os dados numéricos com observações feitas no contexto de fábrica. Já em relação ao horizonte temporal foi realizado um estudo longitudinal durante um período de 5 meses.

4.2. Apresentação da empresa

O estágio curricular e o presente documento foram realizados com base no desenvolvimento de um projeto na empresa SRAM. A SRAM é uma empresa multinacional que se foca na manufatura de componentes de bicicletas. Em específico, a fábrica de Coimbra, Srampport - Transmissões Mecânicas, Lda, local onde foi realizado o estágio, foi adquirida pela SRAM em meados de 1997 e é responsável pela produção de correntes de bicicleta, desde a matéria-prima até a sua forma final, assumindo ainda um papel na montagem de cubos e rodas de bicicletas.

Esta fábrica é então um pilar essencial na rede global de produção da empresa, contribuindo em grande escala para a inovação e desenvolvimento de novas tecnologias e soluções para o mercado das bicicletas.

Os produtos finais produzidos nesta fábrica são consequentemente exportados para todo o mundo, existindo grande ênfase no mercado europeu e asiático.

4.3. Descrição da máquina em análise

Devido à natureza do estudo em questão e à complexidade da prensa em foco, sentiu-se a necessidade de detalhar alguns dos componentes que fazem parte de uma mudança de fabrico.

De seguida, são referidos todos os componentes que compõem a prensa em si, ou, interagem diretamente com a mesma, e que de facto são relevantes para a mudança de fabrico. Torna-se também importante mencionar algumas das outras ferramentas e equipamentos que participam na mudança de fabrico, mas não interagem diretamente com a prensa.

1. **Carcaça:** A carcaça é o componente que faz a ligação entre a prensa em si e os módulos desenhados para produzir cada produto. É importante referir que diferentes famílias de produtos necessitam de carcaças diferentes. Este facto é importante porque o conjunto de operações que envolvem a mudança de carcaça é o que demora mais tempo.
2. **Módulos:** Os módulos são as ferramentas que são colocadas nas prensas e realizam as operações de conformação e de corte sobre a fita de aço. Todos os módulos são compostos por duas partes: o punção (parte superior do módulo) e a matriz (parte inferior do módulo). Um conjunto de quatro módulos específicos é denominado de ferramenta progressiva e cada produto necessita de uma ferramenta progressiva específica para ser produzido, sendo que existem ferramentas progressivas que podem partilhar módulos iguais.
3. **Pastas dos módulos:** As pastas dos módulos, como o nome indica, são pastas nas quais estão presentes as folhas de manutenção dos módulos, bem como, informações sobre os mesmos, tais como o seu número de série e a que prensa pertencem.
4. **Sensores de dupla espessura:** Estes sensores estão presentes em cada um dos módulos e garantem que a prensa não está a prolongar demasiado o seu movimento descendente, algo que poderia danificar diversos componentes, não só dos módulos como da prensa em si. Estes sensores apresentam relevância elevada para a análise das mudanças de fabrico, uma vez que tem de ser afinados sempre que se inserem novos módulos na prensa, ou se muda o tipo de aço a ser utilizado.
5. **Batentes da carcaça:** Estes batentes são responsáveis por ajudar na afinação dos sensores de dupla espessura e encontram-se ligados à carcaça da prensa.
6. **Rolo de aço e fita:** Na prensa entra a fita de aço que vai sofrer os processos físicos necessários para a sua transformação em placas de correntes. Esta fita chega à empresa em rolos de aço.

7. **Alimentador:** Local onde a fita entra na prensa, fazendo o centramento da fita de forma que não existam defeitos nas placas.
8. **Desenrolador:** Equipamento onde se colocam os rolos de aço, para que como o nome indica, estes possam ser desenrolados.
9. **Endireitador:** Este equipamento é utilizado para retirar quaisquer deformações que a fita de aço possa ter devido ao facto de ter estado enrolada por um período alargado no armazém.
10. **Guilhotina:** Equipamento que permite o corte manual da fita.
11. **Zona de queda de placas:** Local onde as placas saem da prensa e são armazenadas até ao fim da produção do lote.
12. **Staker:** Os *stakers* são as máquinas utilizadas para transportar os módulos da prensa para a serralharia e vice-versa.

4.4. Descrição do processo físico e de decisão

Apesar da empresa conduzir todo o processo de produção das correntes, desde a transformação inicial da matéria-prima até à montagem, é apenas relevante detalhar para efeitos de perceção do problema descrito neste estudo de caso, o processo de corte e conformação da matéria-prima. Desta forma, o presente subcapítulo destina-se numa primeira fase a delinear de forma global e mais geral todo o processo produtivo da empresa, para que, de seguida se possa descrever com mais detalhe o processo específico de corte e conformação.

O processo produtivo é desencadeado na zona de corte e conformação da fábrica. Nesta zona, os rolos de aço (matéria-prima) são desenrolados e colocados nas prensas, as quais cortam os mesmos de forma a criar a geometria das placas das correntes. Após esta primeira fase, as placas são direccionadas para a zona de bariagem, onde as placas ficam algum tempo de forma a retirar qualquer tipo de rebarba que possa advir da zona de corte. De seguida, as placas podem seguir para diferentes zonas da fábrica, dependendo do tratamento de superfície necessário, podendo passar pela zona dos fornos de revenido, têmpera ou cementação, a zona de niquelagem ou a zona de cromagem. Por fim, todas as placas são enviadas para a zona de montagem, onde são unidas de forma a produzir uma corrente que, posteriormente, será embalada ainda na fábrica e que depois irá esperar em armazém para ser expedida.

A figura 5 representa os possíveis fluxos que as placas seguem dentro da fábrica.

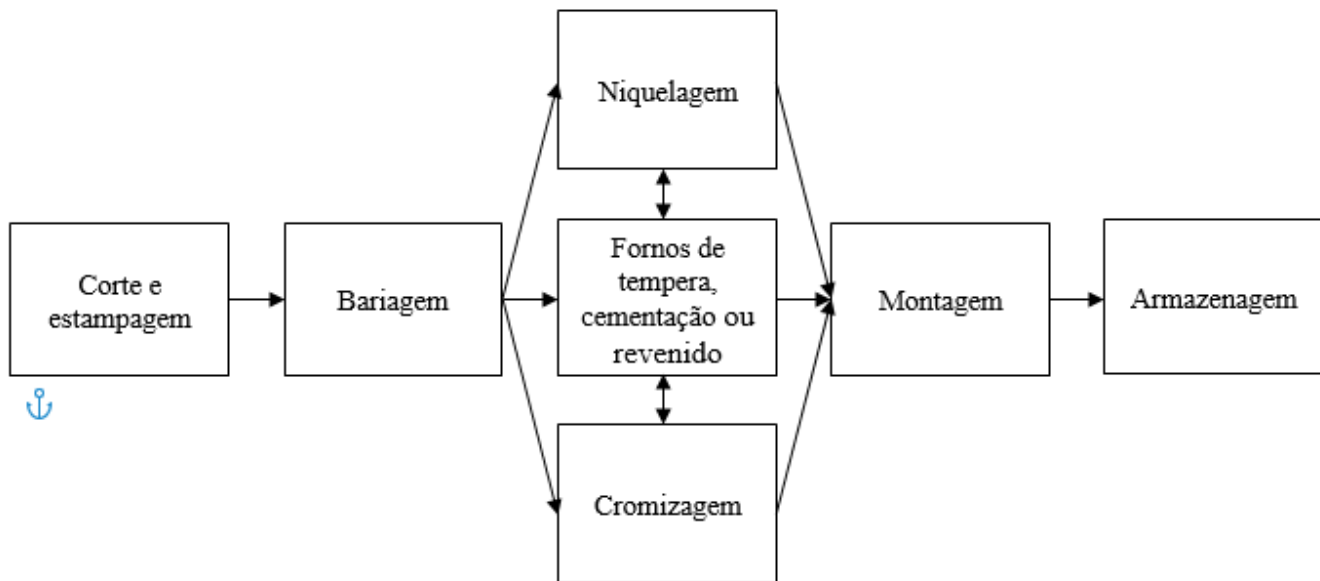


Figura 4.1. Fluxos de placas dentro da fábrica.

Como o estudo de caso em análise se foca na zona de corte e estampagem da fábrica, é importante detalhar de forma aprofundada todo o processo que decorre nesta zona, tanto a nível físico, como a nível de tomada de decisão. Começando pela descrição do processo físico, a zona de corte da fábrica é composta por 10 prensas, as quais estão responsáveis por produzir as placas de todas as correntes, sendo que existem seis prensas dedicadas à produção de placas para correntes de 12 velocidades, uma vez que estas são as correntes com maior volume de vendas. Uma prensa está alocada à produção de placas para correntes de uma velocidade, enquanto as restantes três prensas produzem placas para as correntes de sete, oito, nove, dez e onze velocidades.

Cada uma das prensas supramencionadas, apesar de produzir produtos diferentes, possui um modo de funcionamento bastante similar. O processo de corte começa por preparar as prensas para produzir o produto seguinte que consta no plano de produção. Esta preparação passa pela remoção da ferramenta progressiva que estava a ser utilizada anteriormente e introdução da ferramenta progressiva que é capaz de produzir as placas necessárias. É também necessário realizar a preparação do rolo de aço subjacente ao produto a produzir. A existência destas ferramentas progressivas e, conseqüentemente, dos módulos que estão afetos às mesmas, vai ser importante para análise das mudanças de fabrico que será apresentada nas seguintes secções, já que, como se poderá perceber, estes representam uma grande fonte de variabilidade.

Após realizada a preparação da ferramenta progressiva e do rolo de aço, é necessário introduzir a fita na prensa. Isto é feito ao passar a fita no endireitador, de

seguida no alimentador, e por fim, passar a mesma entre o punção e a matriz dos 4 módulos que constituem a ferramenta progressiva. Finalmente, é possível começar a produzir, sendo que a produção nesta empresa é feita em lotes de 250 kg de produto, conduzindo controlos de qualidade a diversos aspetos das placas, como a sua planicidade, diâmetro dos furos e espessura das placas a cada 30 kg. Após ter finalizado a produção de um lote, a prensa é então parada e este lote é transportado para a zona de bariagem. O processo recomeça caso seja necessário produzir um produto diferente.

É também importante descrever o processo de decisão relativo ao sequenciamento da produção e como é que este processo de escolha está idealizado atualmente, de forma a perceber como é que este pode afetar as mudanças de fabrico. As ordens de produção da fábrica funcionam sob um sistema de ciclos de cartões *kanban*. O ciclo inerente a zona de corte é o primeiro, sendo que a zona de corte é o primeiro posto do ciclo, e o último é a zona dos fornos. O processo de tomada de decisão segue a seguinte sequência de eventos: assim que um determinado lote é consumido na zona dos fornos, o cartão *kanban* associado ao contentor utilizado é enviado para um dos quadros *kanban* existente na zona de corte. Quando o número de cartões *kanban* associado a um produto, (ou tipo de placa para as prensas de 12 velocidades) atinge um determinado limite é então desencadeada a produção desse mesmo produto.

Existem, no total 5 quadros *kanban* na zona de corte, quatro destes quadros estão cada um deles associados a uma prensa. Estas prensas correspondem à produção de correntes de uma até onze velocidade. O quadro *kanban* restante está associado a todas as prensas de 12 velocidades, no entanto, o foco para este estudo de caso assenta sobre as prensas de doze velocidades, pelo que apenas será detalhado o funcionamento do respetivo quadro *kanban*.

Este quadro está separado em quatro colunas diferentes, duas delas associadas à família de correntes “*eagle*”, e as outras associadas à família de correntes “*DI e T-TYPE*”. Para cada uma destas famílias existem duas colunas, uma delas utilizada para cartões de placas externas e a outra associada a cartões de placas internas. Como é possível agora perceber, existem apenas quatro colunas para cartões *kanban* os quais estão associadas a seis prensas, pelo que é importante referir quais os produtos que cada prensa produz.

Existem quatro prensas que apenas produzem placas interiores ou exteriores de apenas uma família (kaiser 1, kaiser 2, kaiser 4 e Minster), enquanto as restantes duas

fazem placas exteriores (Haulick) e interiores (Kaiser 3) de ambas as famílias, sendo assim denominadas de prensas móveis.

O funcionamento em concreto da tomada de decisão nestas prensas com recurso a este quadro *kanban* é realizado da seguinte forma: após os cartões chegarem ao quadro são colocados na sua calha correspondente, por cima dos cartões já existentes. Nestas calhas está inscrita uma marca, a qual delimita o nível sob o qual é necessário começar a tirar cartões e produzir aquele tipo de placas.

O número de cartões a retirar de cada calha vai depender do número de cartões que se encontra acima do nível demarcado, sendo que se retiram os cartões pela ordem que estes foram colocados na coluna em questão, tendo assim um sistema FIFO. Durante o decorrer do estágio, denotou-se a necessidade de perceber quais os diferentes tipos de mudanças de fabrico possíveis de realizar. Desta forma, foi criada uma tabela em que constam todas as mudanças de fabrico possíveis para cada prensa, ou seja, tudo aquilo que é preciso de mudar aquando da passagem de uma determinada placa para outra, numa determinada prensa. O excerto desta tabela referente a prensa que vai ser analisada encontra-se no apêndice A.

Através desta análise e da discussão com a equipa de trabalho foi identificada que a mudança de fabrico mais prolongada e mais complexa acontece quando a prensa Haulick muda a sua produção para outra família de produto. Esta mudança representa uma troca total da ferramenta progressiva e do tipo de aço a ser utilizado, ao passo que, mudanças de fabrico dentro da mesma família, nesta prensa ou em qualquer outra, apenas carecem da mudança de um só módulo ou de apenas da mudança do aço utilizado. Além disso, a prensa Haulick é responsável pela maior quantidade de produtos e, conseqüentemente, é a prensa onde são realizadas mais mudanças de fabrico.

Por estes motivos, o *setup* analisado no âmbito do estágio curricular será o referente à mudança de fabrico entre placas de diferentes famílias de produto na prensa de 12 velocidades Haulick.

4.5. Análise do estado atual

Como referido anteriormente, excetuando a análise de tempos desejados e obtidos para o estado atual, todas as análises e futuras recomendações serão relativas a uma única prensa, ou seja, a prensa Haulick.

De forma a analisar o estado atual do processo em primeira instância, foi realizada uma comparação entre os tempos que se tinham vindo a obter durante as mudanças de fabrico e os tempos esperados para cada uma delas (estes tempos já estavam definidos pela empresa no início do estágio). O objetivo desta análise foi tentar perceber se o processo de mudança de fabrico estava a atingir os tempos esperados e se apresentava um nível de variabilidade elevado. Os dados analisados estão representados no ANEXO A e são relativos a 45 mudanças de fabrico. A diferença temporal foi calculada a nível percentual, já que os dados obtidos eram referentes a mudanças entre produtos diferentes e para diferentes máquinas. Os resultados destas diferenças são apresentados na figura 4.2.

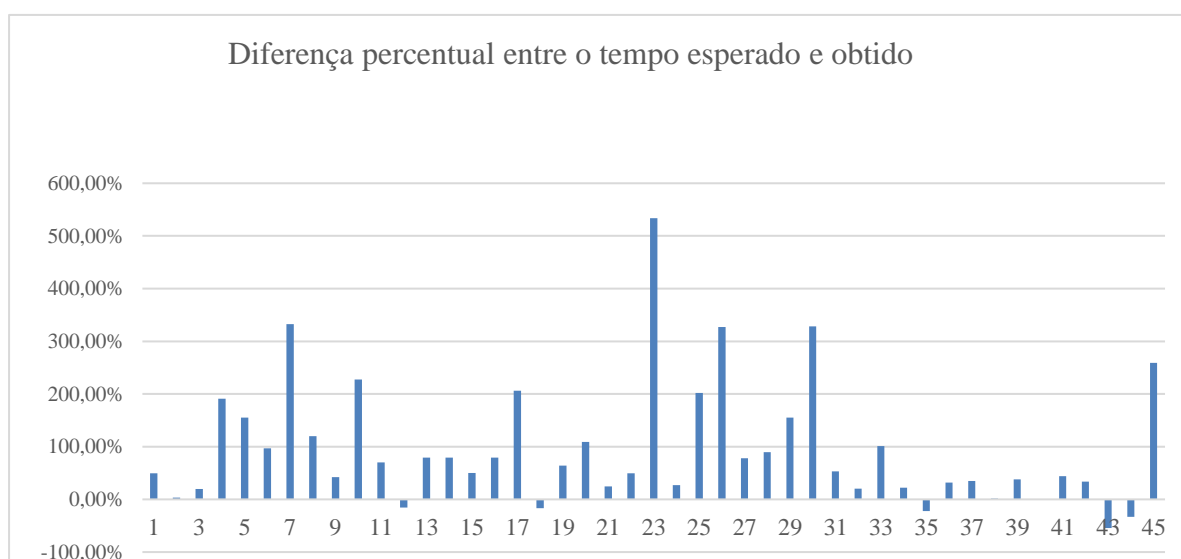


Figura 4.2. Análise dos tempos de mudança de fabrico das prensas.

Pelo gráfico apresentado é possível inferir dois problemas fulcrais, em primeiro lugar, o facto dos tempos em média serem 97% superiores àquilo que era expectável (em 39 dos 45 casos o tempo é superior ao previsto e em 14 a diferença é superior a 100%). Além disso, a presença de variabilidade elevada é evidente, não só pela visualização do gráfico, mas também pelo cálculo do coeficiente de variabilidade, que é igual a 123%, um valor que indica que o processo possui diferenças entre os tempos esperados e os tempos obtidos quase aleatórias.

Além desta análise, procurou-se acompanhar diversas mudanças de fabrico. Durante as mesmas, não foram documentados tempos, uma vez que o objetivo era perceber o processo e tirar dúvidas com os operadores encarregues do mesmo, pelo que o tempo de mudança de fabrico seria consideravelmente afetado. Ao realizar estas observações, tentou-se identificar causas para o facto de os tempos de mudança serem muito superiores ao

pretendido e também as causas promotoras de um nível de variabilidade tão elevado. Estas causas são apresentadas no diagrama da figura 4.3.



Figura 4.3. Diagrama de Ishikawa relativo às variáveis que afetam o tempo de setup.

Neste diagrama são apresentadas as variáveis que foram identificadas ao longo das observações como recorrentes e que de alguma forma, afetavam significativamente o tempo de *setup*, e introduziam variabilidade ao sistema. As variáveis foram identificadas com “C” ou “NC”, que representam “controlável” e “não controlável” respetivamente, de forma a ser possível perceber para quais das variáveis podem ser aplicadas medidas para melhorar o processo.

Como se pode perceber, foram encontradas 8 causas principais de desperdício de tempo e introdução de variabilidade no processo as quais, podem ser englobadas em 3 categorias distintas. Destas, 6 causas são controláveis e podem ser, por sua vez, atribuídas a 2 problemas principais:

- **Falta de padronização do trabalho:** As variáveis “ferramentas em mau estado”, “tempos de trabalho inconsistentes”, “nível de formação diferente entre colaboradores”, “falta de padronização e falta de organização” podem ser mitigadas de uma forma ou outra ao implementar mecanismos de padronização, os quais serão referidos neste documento na secção 4.6.
- **Afições dos módulos:** A variável “afinação” representa a maior fonte de variabilidade do processo. Após colocar os módulos na prensa e colocar a mesma em funcionamento, verificava-se por vezes, que estes precisavam de afinação, pelo que era depois necessário retirar os módulos, levá-los para a serralharia e afinar os

mesmos. Em certos casos, este processo repetia-se inúmeras vezes, uma vez que a afinação poderia não funcionar nas primeiras tentativas, já noutros não era sequer necessário realizar qualquer afinação. A afinação poderia então não representar tempo algum na mudança, quando a mesma era desnecessária, ou, poderia representar quase 2 horas, como foi por vezes observado.

Após estas primeiras análises do estado atual do sistema, procedeu-se à observação de uma mudança de fabrico, bem como medição dos tempos da mesma. Para isso, foi feita a gravação da mudança de fabrico e posterior análise das operações individuais da mesma. A mudança de fabrico foi analisada e decomposta em 149 diferentes operações, tendo as mesmas totalizado 187 minutos, ou, 3 horas e 7 minutos, sendo que posteriormente, estas operações foram caracterizadas como operações internas, externas ou operações a eliminar. É importante referir que todas as operações apresentadas foram realizadas com a prensa parada. Após esta categorização, atingiu-se o resultado demonstrado na tabela 4.1.

Tabela 4.1. Distribuição do tipo de operações observadas.

Tipo de operação	Tempo total das operações [HH:MM]	Número de operações
Externas	00:29	25
Internas	01:10	79
A eliminar	01:28	45

Como é possível perceber, durante uma mudança de fabrico existem diversas operações que não acrescentam valor ao processo e que, conseqüentemente, devem ser eliminadas. As operações a eliminar, bem como é que se vai proceder a esta eliminação, é detalhado na secção seguinte.

Como referido anteriormente, as operações foram todas realizadas com a prensa parada, pelo que as operações externas apresentadas são operações que deviam ser externas e não operações que foram realizadas como externas.

Após realizar esta divisão, foram conseqüentemente, criados grupos de operações internas e externas (as operações a eliminar já não foram consideradas), de forma a ser possível perceber qual era a fase mais crítica da mudança de fabrico, ou seja, a que demorava mais tempo.

Estes grupos foram criados tendo em atenção certos fatores, em primeiro lugar garantiu-se que em cada grupo apenas constavam operações de cariz externo ou operações

de cariz interno. Além disso, garantiu-se que todas as operações de um grupo poderiam ser realizadas de forma sequencial se dispostas numa determinada sequência.

Desta forma, os grupos criados foram analisados (tabela 4.2) em termos do tempo que consumiam e número de operações que os compunham, tendo também sido realizada uma análise de Pareto (figura 4.4) de forma a perceber quais os grupos de operações mais críticos.

Tabela 4.2. Grupo de operações da mudança de fabrico observada.

Grupo de atividades	Designação do grupo	Tempo [MM:SS]	Nº de operações em cada grupo	Média de tempo por operação [MM:SS]
Controlo do lote A*	A	06:41	12	00:33
Mudança do aço	B	08:35	16	00:32
Passar fita	C	15:35	18	00:55
Retirar módulos	D	07:53	9	00:47
Colocar módulos	E	11:44	6	01:57
Controlo do lote B*	F	06:41	12	00:33
Registos SAP	G	04:58	2	02:29
Pesagem do lote A*	H	05:00	5	01:00
Operações posteriores	J	08:53	4	01:17
Operações prévias	K	19:18	16	01:23
Limpeza da máquina	L	04:08	2	01:02

*O lote A é referente ao lote que se estava a produzir antes da máquina parar, enquanto que o lote B é o lote que se vai começar a produzir após acabar a mudança de fabrico.

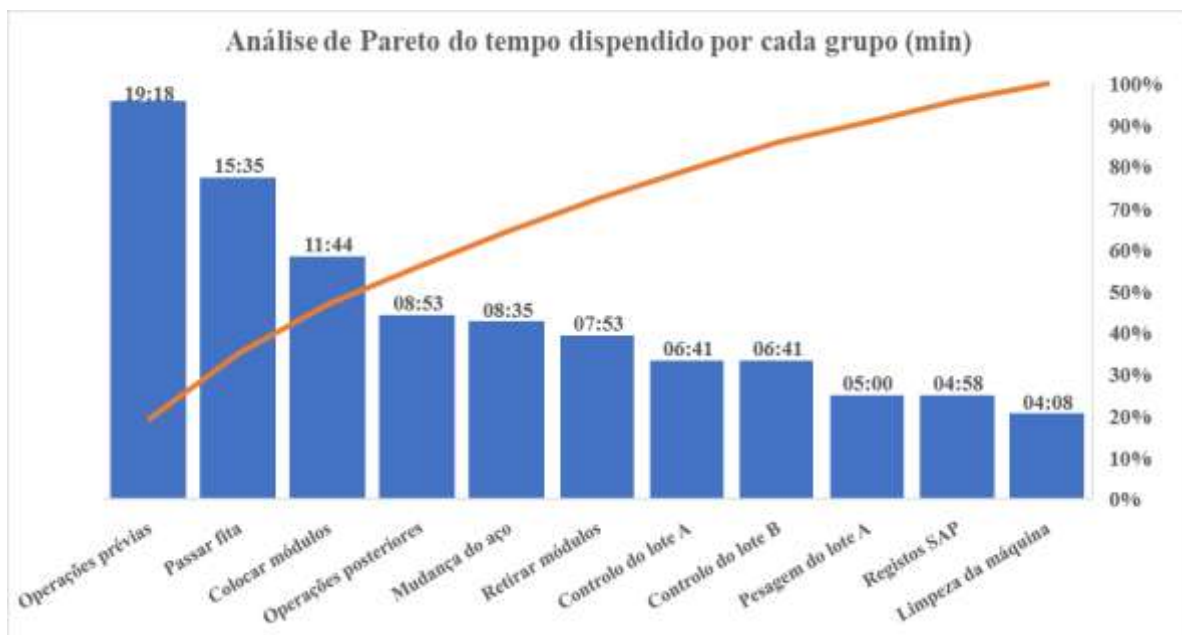


Figura 4.4. Análise de Pareto referente ao tempo de cada grupo do processo de *setup*.

Como é possível perceber, pela análise tanto da tabela 4.2, como da figura 4.4, o grupo de operações com maior peso, na duração de uma mudança de fabrico, é o grupo de operações prévias.

De forma a perceber melhor que tipo de operações são estas, é demonstrado na figura 4.5 uma análise de Pareto referente apenas às operações deste grupo.



Figura 4.5. Análise de Pareto referente ao tempo das operações do grupo de operações prévias.

Através desta análise, é possível verificar que a maior parte das operações prévias são referentes a procurar ou a ir buscar ferramentas e materiais que não tinham sido devidamente preparados anteriormente, pelo que este vai ser um dos pontos em foco aquando da fase de melhorias.

Em conclusão, é apresentado um diagrama (figura 4.6) que pretende demonstrar o estado atual do processo de mudança de fabrico e o estado pretendido no final do projeto.

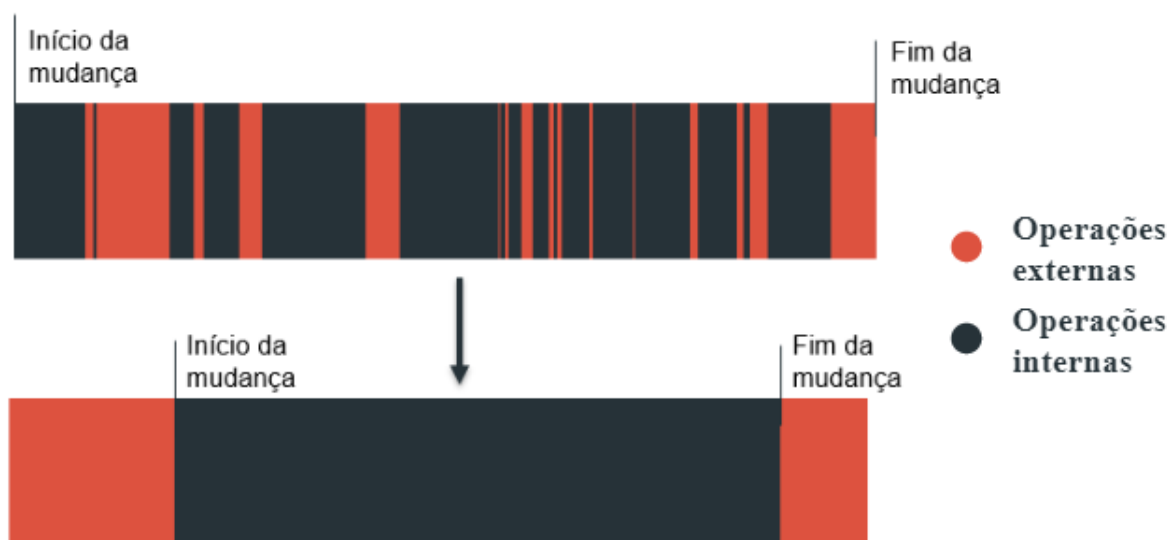


Figura 4.6. Representação do estado do processo atual (diagrama superior) e o desejado após o final do projeto de estágio (diagrama inferior).

4.6. Implementação de melhorias

É objetivo da presente secção, apresentar o processo de tomada de decisão utilizado para desenvolver e implementar melhorias ao processo original de mudança de fabrico. É importante denotar que esta secção será dividida em três subsecções de forma a dar ênfase a cada uma das rondas de análises e melhorias realizadas.

4.6.1. Primeira ronda de melhorias

Uma vez que a análise do estado inicial já foi realizada na secção 4.5, é apenas objetivo desta subsecção apresentar as melhorias implementadas. De forma a desenvolver estas melhorias, foi seguida a metodologia apresentada na secção 3.3, sendo que os resultados obtidos foram dispostos numa tabela que apresenta as operações que foram efetuadas, o tempo que estas demoraram, o grupo de operações a que pertencem e por fim a opção tomada em relação a operação, ou seja, se esta deveria ser eliminada, convertida, combinada ou simplificada. A tabela 4.3 apresenta as primeiras três linhas desta tabela, sendo que a tabela completa está exposta no APÊNDICE B. No referido apêndice, constam apenas as colunas de tomada de decisão relacionadas com as opções de eliminação, conversão e combinação. A decisão da empresa de não investir fundos no projeto de SMED subjacente é o motivo pelo qual não foram implementadas medidas de simplificação e, conseqüentemente, o porquê desta coluna não estar incluída neste apêndice, já que ações de simplificação exigiriam tal investimento.

Tabela 4.3. Excerto da tabela que apresenta a aplicação da metodologia utilizada.

Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão			
				Eliminar	Converter	Combinar	Simplificar
1	Abrir o SAP para começar o registo	15	Grupo A (Interno)	-	-	-	-
2	Fazer o controlo do diâmetro dos furos e aspeto visual das quatro placas	45		-	-	-	-
3	Realizar pré bariagem	11		-	-	-	-

Nas seguintes secções são apresentadas as melhorias em concreto utilizadas para conseguir prosseguir com as opções tomadas segundo a metodologia seguida.

4.6.1.1. Eliminação das operações de mudança de carcaça

Ao analisar os resultados obtidos, verificou-se que um dos grupos de operações que ocupava mais tempo era o de mudança da carcaça, perfazendo um total de 70 minutos, o que equivale a cerca de 37% do tempo total da mudança. Além deste grupo de operações representar uma grande fatia do tempo da mudança de fabrico, é também uma das origens do problema de afinação dos módulos. Isto porque a mudança da carcaça representa uma mudança da altura relativa dos módulos em relação à prensa, o que, por sua vez, obriga à afinação dos módulos de forma a que diversas características fiquem alinhadas, algo que não aconteceria se a carcaça não fosse alterada.

Após analisados estes fatores, é possível perceber que a mudança da carcaça não só afeta o tempo de mudança de fabrico, direta e indiretamente, compreendendo grande parte do mesmo, como também resulta num aumento da variabilidade, uma vez que as afinações necessárias se alteram de mudança para mudança. Além de que, é impossível saber quantas vezes vai ser necessário afinar a mesma característica.

De forma a resolver estes problemas, foi decidido que era necessário eliminar por completo as operações de mudança da carcaça. A mudança da carcaça era necessária sempre que uma prensa mudava o seu fabrico de placas interiores para placas exteriores, ou, vice-versa. No estado original, a prensa em estudo, ou seja, a Haulick, produzia tanto placas internas como externas, pelo que a mudança de carcaça era inevitável. Foi definido pela equipa do projeto que a mudança de carcaça seria eliminada, não só nesta prensa, como em todas as prensas existentes. Desta forma, criou-se o sistema já mencionado na secção 4.4, em que cada prensa apenas produz placas interiores ou exteriores, sendo que a prensa Haulick produz placas exteriores das duas famílias de correntes de doze velocidades. Este sistema permite então eliminar completamente as atividades de mudança de carcaça, pelo menos no contexto de mudança de fabrico, uma vez que ainda são necessárias para a realização de manutenção.

A eliminação destas operações (operações 27 a 34, 44, 46, 49 a 64 e 67 a 83) corresponde à eliminação de 44 num total de 149 operações e uma redução total de 70 minutos, num total de 187 minutos, ou seja, numa melhoria de tempo de sensivelmente 37%.

4.6.1.2. Definição de operações a realizar em paralelo

Na tentativa de reduzir ao máximo o tempo que as operações internas demoram, foram analisadas as operações que não tinham sido eliminadas e não poderiam ser

convertidas em operações externas, no sentido de perceber quais é que eram as operações passíveis de ser realizadas em simultâneo. Desta forma, foi definido que a mudança poderia ser feita com dois operadores e que ambos estariam presentes no início da mudança de fabrico. O operador 1, ou, operador principal, é aquele que está inicialmente afeto à prensa, ao passo que, o operador 2, ou, operador de suporte, apenas auxilia a mudança de fabrico, sendo que assim que acabar as suas operações pode abandonar a prensa e voltar as suas tarefas normais.

Desta forma, foi definido que o operador 2 realizaria as operações de remoção e colocação dos módulos na prensa, bem como de limpeza da base da carcaça e de transporte do lote produzido antes da máquina ter sido parada enquanto o operador 1 realizava as operações de controlo das peças referentes ao lote que teria sido produzido antes da máquina parar, bem como as notas de manutenção referentes aos módulos retirados. Desta forma, foi criado um fluxograma, o qual está exposto no APÊNDICE C, no sentido de evidenciar visualmente como é que se deveria proceder à mudança de fabrico.

A combinação destas operações resulta numa poupança de aproximadamente 24 minutos, num total de 187, ou seja, numa melhoria de cerca de 13%.

4.6.1.3. Criação da primeira versão de sequência de operações a seguir

O estado caótico das operações do processo original de mudança de fabrico deve-se, em grande parte, ao facto de não existir padronização na ordem pela qual se devem executar as operações, nem existir uma preparação da mudança de fabrico. Por exemplo, preparar as ferramentas necessárias antes de se efetuar a paragem da prensa.

Assim sendo, foi necessário criar um documento onde era explicitado qual a sequência de operações a realizar, bem como, as operações que eram necessárias realizar antes e após a mudança, além de todas as ferramentas que deveriam ser preparadas em antemão. Esta medida propõe eliminar um dos maiores desperdícios de tempo do processo, procurar e ir buscar ferramentas, tal como foi explanado na secção 4.5. Consequentemente, foi criado um documento, que se encontra presente no APÊNDICE D, onde constam todas estas informações para que as mesmas possam facilmente ser consultadas por qualquer pessoa.

A criação deste documento não resulta numa redução direta do tempo consumido numa mudança de fabrico. No entanto, permite garantir que todas as medidas

desenvolvidas sejam de facto implementadas pelos colaboradores, permitindo também a redução da variabilidade, uma vez que assim é incentivada a padronização do trabalho.

4.6.1.4. Outras melhorias

Nesta secção são discutidas melhorias que não fazem propriamente parte do projeto SMED, uma vez que não estão intimamente ligadas ao processo de mudança de fabrico. No entanto, são melhorias que permitem implementar de uma melhor forma o método de trabalho desenvolvido.

A primeira medida implementada que permitiu melhorar as operações de mudança de fabrico foi a afetação de módulos específicos a cada uma das prensas. Ou seja, cada módulo apenas pode ser usado em uma e uma só prensa. Desta forma, foi possível reduzir significativamente o problema de afinação dos módulos, já que, diferentes prensas resultavam em afinações dos módulos diferentes, devido às suas diferentes características mecânicas, pelo que, a constante mudança dos módulos de prensa para prensa se traduzia na necessidade de afinar os mesmos mais frequentemente.

Esta mudança permitiu reduzir de forma substancial a variabilidade presente no processo, uma vez que, de forma geral a necessidade de afinar os módulos diminuiu. Algo que não é passível de ser explicado através de uma análise de dados, já que não foi possível realizar um número substancial de observações para este estudo. No entanto, foi possível aferir através da observação das mudanças de fabrico que ocorreram, bem como através de discussão com membros da equipa de trabalho e operadores das prensas.

Além de afetar os módulos às prensas, foi necessário criar um sistema que permitisse aos operadores perceber que módulos pertenciam a cada prensa de forma célere e correta. Por este motivo, a cada prensa foi atribuída uma cor e esta foi colocada nas pastas que acompanham os módulos na forma de uma etiqueta que, não só possuía a cor da prensa, como também, o nome da mesma (figura 4.7).



Figura 4.7. Exemplo de uma pasta que acompanha os módulos.

Por fim, foi transmitido um problema, tanto por parte dos operadores, como por parte da equipa do projeto. Por vezes, as prensas eram paradas para mudar de fabrico, mas quando os operadores tentavam ir recolher à serralharia os módulos necessários para o novo lote era verificado que estes não estavam disponíveis para ser utilizados, ou, porque ainda estavam em manutenção, ou, porque estavam a ser utilizados noutra máquina. O segundo problema foi resolvido com a afetação dos módulos as prensas, no entanto, o primeiro ainda necessitava de uma solução.

A solução desenvolvida foi criar um quadro apresentado na figura 4.8, no qual consta uma tabela para cada uma das prensas existentes. Cada uma destas tabelas possui três zonas, a zona de módulos em reparação, a zona de módulos em utilização e a zona de módulos disponíveis. Foram também criadas etiquetas para cada um dos módulos que podem ser utilizados nas prensas. O funcionamento do quadro é o seguinte: as etiquetas permanecem sempre no quadro, no entanto a sua posição deve ser atualizada sempre que o estado do módulo ao qual estão afetas muda.

Figura 4.8. Quadro de módulos.

Por exemplo, um módulo que estivesse numa prensa em funcionamento, estaria na zona de módulos em funcionamento. Assim que este módulo seja retirado da máquina e seja transportado para a serralharia, é obrigação do operador que o transportou atualizar a posição da sua etiqueta no quadro. Este sistema, permite ao chefe de equipa responsável pelas prensas verificar o quadro e, conseqüentemente, apurar se os módulos necessários para a próxima mudança de fabrico estão prontos, ou seja, se estão na zona de módulos disponíveis, antes de requerer aos operadores a inicialização da mudança de fabrico e conseqüente paragem da máquina.

4.6.1.5. Conclusão da primeira ronda de melhorias

Com esta primeira ronda, foi possível desenvolver as melhorias supramencionadas, sendo que no total é expectável reduzir o tempo da mudança de fabrico da prensa Haulick em cerca de 94 minutos, num total de 187 minutos. O tempo previsto para futuras mudanças de fabrico é então cerca de 93 minutos, ou seja, uma hora e trinta e três minutos, representando uma melhoria de 50% em relação ao tempo total da mudança de fabrico originalmente observada.

Além da redução no tempo da mudança de fabrico, é expectável que a variabilidade do processo seja reduzida, uma vez que, foi idealizada uma sequência de como realizar as operações necessárias, permitindo assim que todos os operadores sigam esta sequência sem grandes alterações. Além disso, foi concretizado um esforço elevado para tentar reduzir ao máximo o número de afinações necessárias em cada mudança de fabrico, algo que é uma das maiores fontes de variabilidade do processo.

4.6.2. Segunda ronda de melhorias

De forma a proceder com a segunda ronda de melhorias, foi necessário acessar quais os resultados obtidos através das primeiras melhorias implementadas. Desta forma, procedeu-se novamente a gravação de uma mudança de fabrico já com todas as medidas da primeira ronda em utilização.

Os resultados desta segunda observação aproximaram-se bastante daquilo que era esperado. O tempo obtido foi de 80 minutos, ou, uma hora e vinte e dois minutos, tendo sido 13 minutos mais rápido do que a previsão de 93 minutos criada na secção anterior. Já o número de operações realizadas foi de 99. Destas 99 operações 5 são operações a eliminar que advém de problemas que não foram resolvidos na primeira ronda de

melhorias. Logo, restam 94 operações, das quais 82 são internas e 12 são externas (tabela 4.4).

Tabela 4.4. Descrição das operações realizadas.

Tipo de operação	Tempo total das operações (HH:MM)	Número de operações
Externas	00:11	12
Internas	01:17	82
A eliminar	00:15	5

De forma a conduzir uma segunda ronda de melhorias, procedeu-se mais uma vez a utilização da metodologia apresentada na secção 3.3. Da utilização desta metodologia, resultaram duas tabelas, uma para o operador principal e outra para o operador de suporte, ambas as tabelas são apresentadas no APÊNDICE E e APÊNDICE F respetivamente.

A grande parte das melhorias desenvolvidas nesta ronda surgiu da necessidade de resolver os problemas que não tinham sido abordados na ronda anterior, ou, em que a solução não foi a melhor.

4.6.2.1. Definição da utilização de um único *staker*

Muitas das operações a eliminar advieram direta ou indiretamente da utilização de dois *stakers* para a remoção dos antigos módulos, e colocação dos novos. A utilização de mais de um *staker* surgiu de uma melhoria realizada na ronda anterior que tinha como objetivo externalizar as operações de transportar os módulos da serralharia para a prensa e vice-versa. No entanto, a utilização de dois *stakers* apenas causou confusão, e dificuldade na realização da operação.

O facto de se terem utilizado dois *stakers* resulta do facto de tanto os operadores como a restante equipa do projeto ter receio que não fosse possível utilizar apenas um *staker*, por restrições de peso do mesmo, que impediam carregar o dito *staker* com 8 módulos ao mesmo tempo (os 4 módulos antigos, e os 4 módulos que iriam ser utilizados para produzir o novo lote). No entanto, após análise de todos os *stakers* existentes, bem como discussão com alguns elementos da equipa, foi possível aferir que um dos *stakers* existentes, que era diferente dos restantes, tinha capacidade suficiente para carregar os 8 módulos, independentemente de quais módulos fossem.

Desta forma, foi definido que este *staker* apenas seria utilizado para realizar mudanças de fabrico, enquanto, os restantes seriam utilizados para transportar os módulos em caso de manutenção ou de necessidade de afinação.

Por conseguinte, foi possível eliminar as operações 15 e 18 do operador dois, as quais representavam um total de, aproximadamente, 10 minutos. Esta redução não apresenta impacto direto no tempo total da mudança de fabrico, uma vez que este tempo é definido pelo tempo que o operador 1 demora a realizar as suas operações.

No entanto, permite que o operador 2 consiga completar de forma consistente as suas operações antes do operador 1 ter de começar as operações que tem como precedência as operações do operador 2.

4.6.2.2. Definição do local do material para cintar o rolo de aço

Durante a observação da segunda mudança de fabrico, foi possível perceber que por vezes surgiam problemas durante a operação de cintar o rolo de aço, o qual, tinha sobrado do lote anterior à paragem da prensa. Cintar o rolo de aço consiste em prender o mesmo de forma que este não se desenrole e que, conseqüentemente, possa ser arrumado para ser utilizado novamente em outro lote.

Os problemas que surgiram, advieram do facto de o material necessário para cintar o rolo não ter um local fixo de arrumação, e também porque o material a utilizar é diferente consoante o diâmetro do rolo que sobrou.

De forma a resolver este problema foi definido um local fixo para ambos os materiais necessários para cintar o rolo. Além disso, foram alertados os operadores para que estes verificassem antes da paragem da máquina qual destes materiais iria ser necessário. Esta informação foi colocada no documento referente à sequência de operações a realizar que será descrito na secção seguinte.

Esta melhoria permite então eliminar o tempo referente as operações 4 e 5 da tabela do operador 2, que totalizam aproximadamente 2 minutos, ou seja, 2% do tempo total da mudança de fabrico.

4.6.2.3. Criação da versão final da sequência de operações a realizar

Após analisar as operações realizadas durante a mudança de fabrico, foi verificado que existiam algumas alterações que poderiam ser conduzidas no documento realizado anteriormente, tendo sido criada uma nova versão do documento, a qual está exposta no APÊNDICE G.

Uma das alterações, consiste na modificação da própria sequência de operações, uma vez que a atualização do SAP, resultante do preenchimento das notas de manutenção nas pranchetas que acompanham os módulos, foi colocada como atividade externa. Esta

operação deve ser realizada após colocar a prensa a trabalhar novamente, permitindo assim externalizar a operação 9 da tabela referente ao operador 1. Isto porque não existia nenhuma restrição a que isto não acontecesse, a não ser, o facto dos operadores se poderem esquecer daquilo que teriam de introduzir no SAP. No entanto, após discussão com a equipa verificou-se que este ponto era irrelevante, já que, as informações necessárias a colocar no SAP poderiam a qualquer momento ser consultadas nas notas de manutenção escritas previamente nas pranchetas.

A externalização destas tarefas traduz-se numa redução de 3 minutos num total de 93, o que representa aproximadamente 3% do tempo da mudança de fabrico.

Além disso, verificou-se que seria importante apresentar os diferentes elementos do documento de forma diferente, para que pudessem facilmente ser distinguidos. Desta forma, as tabelas correspondentes às operações a realizar possuem uma identidade visual diferente das tabelas referentes às operações a realizar antes da paragem da máquina e após o reiniciar da mesma, que por sua vez tem uma identidade visual diferente da tabela correspondente as ferramentas necessárias para o processo de mudança de fabrico. Esta alteração revelou-se importante porque foi essencial condensar toda a informação num documento a ser impresso em formato A3, já que era conveniente ter no mesmo documento todas a informação desenvolvida.

Além destas tabelas, foi também incluído no documento um fluxograma com todas os grupos de operações a realizar e um mapa da fábrica que indica a posição relativa de todos os locais que são visitados durante a mudança de fabrico. Estes locais foram adicionados à informação presente nas tabelas de operações a realizar.

4.6.2.4. Definição do modo de desafinação dos sensores de dupla espessura na serralharia

A operação de afinação dos sensores de dupla espessura consiste no aperto ou desaperto de parafusos, o que permite que o pino dos sensores desça ou suba. Os sensores são considerados afinados assim que este pino tocar numa membrana existente no sensor e se acenda a luz do mesmo. Esta operação não só é demorada, representando cerca de 10 minutos, como é também uma operação ergonomicamente pouco confortável de realizar devido a posição dos sensores, e à precisão necessária para realizar a mesma. No entanto,

esta operação é fundamental para o bom funcionamento da prensa e de forma a garantir que não existem acidentes e o material não fica danificado.

Por este motivo, sempre que os módulos vão para a serralharia para serem alvo de manutenção, os sensores são desafinados pelos serralheiros de forma a garantir que aquando da sua colocação na prensa estes são novamente afinados pelos operadores.

No entanto, esta desafinação era realizada de forma completamente aleatória, levando a que a posição final do pino pudesse ser mais ou menos distante da membrana, sendo que muitas das vezes os serralheiros desafinavam os sensores ao máximo o que significava que o pino ficava o mais longe possível da membrana. Quanto mais longe ficar o pino, mais difícil é para os operadores da prensa afinarem os sensores. Verificou-se ainda, que bastava os serralheiros levantarem um pouco o pino da membrana para que fosse obrigatório para os operadores da prensa afinarem os sensores.

Com este conhecimento, foi possível formar os serralheiros para apenas darem duas voltas completas ao parafuso que distancia o pino da membrana, sempre que um módulo novo necessitava de manutenção. Esta alteração permitiu que na maior parte dos casos o tempo necessário para afinar os sensores fosse menor, permitindo ainda que o tempo e esforço necessário por parte do operador não variasse de forma tão exagerada como anteriormente.

4.6.2.5. Conclusão da segunda ronda de melhorias

A segunda ronda de melhorias teve como objetivo principal refinar algumas das implementações que tinham sido desenvolvidas na primeira ronda, além de tornar a gestão visual e a sequência de operações mais apropriadas ao caso em estudo, pelo que as melhorias em questão de tempo não foram tão consideráveis como na primeira ronda. No entanto, foram implementadas melhorias que permitem aos operadores realizar o seu trabalho de forma mais expedita e menos complexa, como foi o caso da utilização de apenas um *staker*.

Além dos problemas supramencionados, continuaram-se a verificar problemas que surgiam da falta de preparação de ferramentas, ou, de arrumar o local de trabalho antes de acabar a mudança de fabrico, mesmo quando isto era desnecessário (operações 11, 14, 16, 32, 33, 36 e 72 da tabela do operador 1). Estas operações perfizeram um total de 5 minutos e são operações passíveis de ser externalizadas, através da contínua consciencialização e formação dos operadores para que isto aconteça.

Em conclusão, a análise conduzida demonstrou que o tempo expectável para mudanças de fabrico futuras seja de cerca de 70 minutos ou, uma hora e 10 minutos. Representando uma diminuição de 10 minutos em relação ao estado anterior de 80 minutos, ou uma melhoria de aproximadamente 14%.

4.7. Análise de resultados

Após a implementação de todas as melhorias, foi necessário analisar uma última vez o tempo despendido para realizar a mudança de fabrico, sendo que esta análise foi realizada através de uma última observação. Durante esta observação não foram analisados os tempos individuais das operações, apenas o tempo total, bem como o tempo consumido por cada um dos grupos de operações já mencionados. Foi ainda feita uma análise do percurso realizado por ambos os operadores, de forma a perceber se este é menos complexo e confuso do que no início do projeto. De forma a demonstrar esta análise, é de seguida evidenciado a figura 4.9 que contém o diagrama de esparguete resultante das movimentações do estado inicial e final do projeto, sendo que no estado final, o operador 1 é representado a azul e o operador 2 é representado a vermelho.

Através da análise de ambos os diagramas, é possível concluir que o número de deslocações que os operadores têm de realizar durante o processo de mudança de fabrico foi substancialmente reduzido ao longo do projeto. Este facto deve-se em grande parte à padronização de trabalho que permitiu eliminar as movimentações que não acrescentavam valor ao processo.

Já o tempo obtido foi de 57 minutos, ou seja, 13 minutos a menos do que aquilo que tinha sido previsto após a análise das melhorias realizadas na segunda ronda. Esta melhoria acima das expectativas pode-se dever ao facto da operação de afinação dos sensores ter afetado mais do que o previsto o processo, além de que a simplificação geral do mesmo poder ter contribuído para a aceleração das operações.

A melhoria total do projeto foi de aproximadamente 70%, diminuindo o tempo de 187 minutos para apenas 57 minutos.

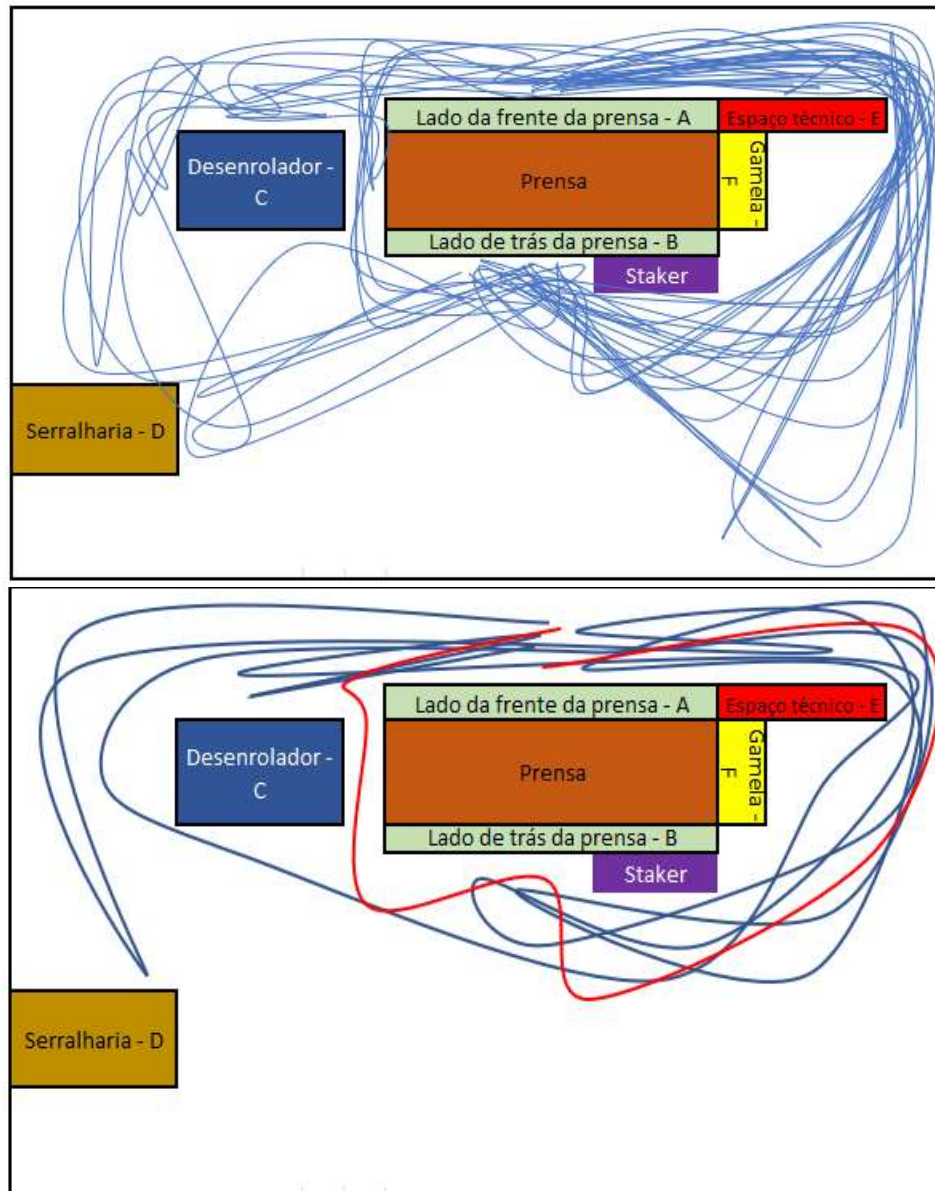


Figura 4.9. Diagramas de esparguete referentes às movimentações dos operadores no estado inicial do projeto (figura de cima) e no estado final do projeto (figura de baixo).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusão

O principal foco desta dissertação passava pela tarefa de diminuir o tempo de *setup* da prensa analisada, bem como o desenvolvimento de uma metodologia e criação de um documento padrão que pudesse ser utilizado em futuros projetos de SMED, tanto para outras prensas, como para outros equipamentos noutras áreas da fábrica. Deste último ponto advém um dos principais contributos desta dissertação, uma vez que projetos similares ao desenvolvido ao longo do estágio, já tinham sido desenvolvidos diversas vezes, no entanto, nunca tinham sido aplicados, já que as melhorias desenvolvidas não tinham sido documentadas. Também ligado a este ponto, foi importante desenvolver e documentar a metodologia utilizada neste projeto, visto que projetos de cariz similar vão ter de ser conduzidos nas restantes prensas que não foram analisadas e que também têm um papel fulcral na produção. Uma vez que as restantes prensas são bastante semelhantes à prensa sobre a qual recai o estudo em questão, o desenvolvimento desta metodologia permite realizar projetos futuros de forma mais eficiente.

Naquilo que diz respeito ao projeto SMED propriamente dito, é possível afirmar que o projeto obteve resultados bastante positivos relativamente ao esperado, visto que, aquilo que tinha sido idealizado era conseguir uma melhoria de 15% do tempo de paragem para realizar a mudança de fabrico, tendo sido atingida uma melhoria de 70%. A diminuição de tempo obtida foi de 130 minutos, passando de 187 minutos para apenas 57. Esta melhoria em termos de tempo foi também acompanhada por uma diminuição considerável da variabilidade do processo, sendo que já não existem as discrepâncias enormes que existiam antes do início do projeto.

Por fim, a dissertação focou-se na criação de elementos visuais e de mecanismos que apesar de não fazerem diretamente parte da ferramenta SMED, permitiram que a aplicação da mesma fosse possível, tais como a criação do quadro de disponibilidade de módulos, o documento de sequência ótima de operações, a afetação de prensas a certos produtos e afetação dos módulos às prensas.

5.2. Limitações

Durante o estágio e desenvolvimento do projeto subjacente foram encontrados alguns obstáculos que devem ser explicitados. O fator mais importante é o facto de não ter sido possível analisar tantas mudanças de fabrico como aquilo que era desejado. Pelo que, é conhecimento do autor que as análises dos tempos após cada ronda de melhorias deveria ser realizada tendo em conta dados de diversas observações, de forma a aferir com maior grau de confiabilidade a variabilidade ainda presente no processo. No entanto, devido a restrições da empresa e do grupo de trabalho criado não foi possível observar mais mudanças de fabrico.

Além disto, é importante salientar a complexidade da mudança de fabrico analisada, não só devido a processos técnicos de elevada complexidade, mas também pelo número de operações realizadas, algo que dificultou bastante a compreensão inicial do processo nas primeiras semanas do estágio, e consequente análise do estado inicial do processo.

5.3. Trabalho futuro

Como trabalho futuro, é proposto uma análise contínua e regular do processo de mudança de fabrico de forma a verificar que as melhorias realizadas continuam a ter o resultado desejado e que, consequentemente, o tempo de mudança de fabrico não volte a aumentar. Assim propõe-se a realização de auditorias periódicas para aferir em que estado se encontra o processo.

É também proposto, que no futuro, sejam analisadas melhorias que carecem de investimento e que podem melhorar bastante o processo em questão. Algumas destas melhorias poderiam passar pela substituição de parafusos por mecanismos de aperto rápido, ou aparelhos de controlo de qualidade que permitissem aferir a conformidade dos parâmetros das placas sem o auxílio dos operadores. Por fim, poderia ser trocado o presente desenrolador existente para a prensa em análise, por um desenrolador duplo, ou seja, um desenrolador no qual é possível colocar dois rolos de aço, fazendo assim com que o grupo de operações subjacente à troca do aço passe a ser realizado de forma externa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, R., Syazwan, M., & Soberi, F. (2017). Changeover process improvement based on modified SMED method and other process improvement tools application: an improvement project of 5-axis CNC machine operation in advanced composite manufacturing industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2017 94:1, 94(1), 433–450. <https://doi.org/10.1007/S00170-017-0827-7>
- Almomani, M. A., Aladeemy, M., Abdelhadi, A., & Mumani, A. (2013). A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computers and Industrial Engineering*, 66(2), 461–469. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2013.07.011>
- Bhattacharya, B., & Winer, E. H. (2019). Augmented reality via expert demonstration authoring (AREDA). *Computers in Industry*, 105, 61–79. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2018.04.021>
- Bosch, T., Könemann, R., De Cock, H., & Van Rhijn, G. (2017). The effects of projected versus display instructions on productivity, quality and workload in a simulated assembly task. *ACM International Conference Proceeding Series, Part F128530*, 412–415. <https://doi.org/10.1145/3056540.3076189>
- Conner, D. S., & Douglas, S. C. (2005). Organizationally-induced work stress: The role of employee bureaucratic orientation. *Personnel Review*, 34(2), 210–224. <https://doi.org/10.1108/00483480510579439>
- Culley, S. J., Owen, G. W., Mileham, A. R., & McIntosh, R. I. (2003). Sustaining changeover improvement. <Http://Dx.Doi.Org/10.1243/095440503322617225>, 217(10), 1455–1470. <https://doi.org/10.1243/095440503322617225>
- da Silva, I. B., & Godinho Filho, M. (2019). Single-minute exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102(9–12), 4289–4307. <https://doi.org/10.1007/S00170-019-03484-W/METRICS>
- Ekincioglu, C., & Boran, S. (2018). SMED methodology based on fuzzy Taguchi method. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(6), 867–878. <https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2017-0019>
- Ferradás, P. G., & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP*, 7, 598–603. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2013.06.039>
- Fonda, E., & Meneghetti, A. (2022). The Human-Centric SMED. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 514, 14(1), 514. <https://doi.org/10.3390/SU14010514>
- Haug, A. (2015). Work instruction quality in industrial management. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 50, 170–177. <https://doi.org/10.1016/J.ERGON.2015.09.015>

- Horejsi, P., Novikov, K., & Simon, M. (2020). A smart factory in a smart city: Virtual and augmented reality in a smart assembly line. *IEEE Access*, 8, 94330–94340. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2994650>
- Huang, N., & Inman, R. (2010). Product quality and plant build complexity. *International Journal of Production Research*, 48(11), 3105–3128. <https://doi.org/10.1080/00207540902810551>
- Kotha, S., & Pine, B. J. (1994). Mass Customization: The New Frontier in Business Competition. *The Academy of Management Review*, 19(3), 588. <https://doi.org/10.2307/258941>
- Letmathe, P., & Röbler, M. (2022). Should firms use digital work instructions?—Individual learning in an agile manufacturing setting. *Journal of Operations Management*, 68(1), 94–109. <https://doi.org/10.1002/JOOM.1159>
- Lind, S. (2008). Types and sources of fatal and severe non-fatal accidents in industrial maintenance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(11–12), 927–933. <https://doi.org/10.1016/J.ERGON.2008.03.002>
- Martins, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2018). A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 647–654. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2018.10.113>
- McIntosh, R., Culley, S., Gest, G., Mileham, T., & Owen, G. (1996). An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance. *International Journal of Operations and Production Management*, 16(9), 5–22. <https://doi.org/10.1108/01443579610125552>
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2010). A critical evaluation of Shingo's "SMED" (Single Minute Exchange of Die) methodology. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/00207540050031823*, 38(11), 2377–2395. <https://doi.org/10.1080/00207540050031823>
- McIntosh, R., Owen, G., Culley, S., & Mileham, T. (2007). Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(1), 98–111. <https://doi.org/10.1109/TEM.2006.889070>
- Morales Méndez, J. D., & Silva Rodríguez, R. (2016). Set-up reduction in an interconnection axle manufacturing cell using SMED. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(9–12), 1907–1916. <https://doi.org/10.1007/S00170-015-7845-0>
- Morgado, J., Peças, P., Jorge, A., Henriques, E., Cernadas, R., & Furtado, S. (2013). Setup performance indicators: A tool to systematize and standardize the setup process diagnosis. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 7, 1437–1449. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00557-7_116

- Pacheco, D. A. de J., & Heidrich, G. D. G. (2021). Revitalising the setup reduction activities in Operations Management. *Https://Doi.Org/10.1080/09537287.2021.1964881*.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1964881>
- Peças, P., Faustino, M., Lopes, J., & Amaral, A. (2022). Lean methods digitization towards lean 4.0: a case study of e-VMB and e-SMED. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 16(4), 1397–1415. <https://doi.org/10.1007/S12008-022-00975-1>
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1985). *Revolution in Manufacturing: Single-minute Exchange of Die System*No Title. 384.
https://books.google.com/books/about/A_Revolution_in_Manufacturing.html?hl=es&id=ooXVVIfqEQwC
- Stadnicka, D. (2015). Setup analysis: Combining SMED with other tools. *Management and Production Engineering Review*, 6(1), 36–50. <https://doi.org/10.1515/MPER-2015-0006>
- Sugai, M., McIntosh, R. I., & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, 14(2), 323–335. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200010>
- Watson, G., Butterfield, J., Curran, R., & Craig, C. (2010). Do dynamic work instructions provide an advantage over static instructions in a small scale assembly task? *Learning and Instruction*, 20(1), 84–93. <https://doi.org/10.1016/J.LEARNINSTRUC.2009.05.001>

ANEXO A – DADOS UTILIZADOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO ATUAL

Prensa	Início da mudança	Fim da mudança	Duração	Tempo Previsto
1000092	04:35:29	06:15:29	01:40:00	01:07:00
1000124	10:45:06	11:20:06	00:35:00	00:33:48
1000092	17:35:00	18:55:11	01:20:11	01:07:00
1000092	01:28:02	04:00:00	02:31:58	00:52:14
1000092	10:31:06	13:22:06	02:51:00	01:07:00
1000092	13:48:08	16:00:00	02:11:52	01:07:00
1000092	09:40:52	14:30:52	04:50:00	01:07:00
1000124	01:31:12	03:43:12	02:12:00	01:00:00
1000124	17:49:46	18:37:46	00:48:00	00:33:48
1000092	18:25:45	21:16:45	02:51:00	00:52:14
1000124	01:15:30	02:57:30	01:42:00	01:00:00
1000124	06:20:47	07:04:47	00:44:00	00:52:14
1000092	12:00:35	14:00:35	02:00:00	01:07:00
1000092	13:30:03	15:30:03	02:00:00	01:07:00
1000124	13:30:57	15:00:57	01:30:00	01:00:00
1000092	21:30:19	23:30:19	02:00:00	01:07:00
1000092	21:06:37	23:46:37	02:40:00	00:52:14
1000092	15:00:43	15:56:43	00:56:00	01:07:00
1000092	05:00:00	06:50:00	01:50:00	01:07:00
1000092	19:30:00	21:50:00	02:20:00	01:07:00
1000092	01:00:00	02:05:00	01:05:00	00:52:14
1000092	03:20:00	05:00:00	01:40:00	01:07:00
1000124	09:29:00	15:00:00	05:31:00	00:52:14
1000092	16:00:00	17:25:00	01:25:00	01:07:00
1000124	16:31:00	19:05:00	02:34:00	00:51:00
1000124	11:05:00	14:43:00	03:38:00	00:51:00
1000092	03:00:00	04:33:00	01:33:00	00:52:14
1000124	06:11:00	07:15:00	01:04:00	00:33:48
10003028	09:20:43	13:30:43	04:10:00	01:38:00
10003028	01:00:38	08:00:38	07:00:00	01:38:00
10003028	22:30:38	01:00:38	02:30:00	01:38:00
10003028	22:00:09	23:58:09	01:58:00	01:38:00
10003028	08:25:12	11:42:12	03:17:00	01:38:00

Melhoria de um processo de mudança de fabrico aplicando um método SMED modificado: Um estudo de caso em prensas de corte e conformação.

Prensa	Início da mudança	Fim da mudança	Duração	Tempo Previsto
10003028	20:40:01	22:40:01	02:00:00	01:38:00
1000382	23:02:25	00:24:25	01:22:00	01:45:00
10003028	21:49:25	23:58:25	02:09:00	01:38:00
10003028	11:00:10	13:12:10	02:12:00	01:38:00
10003028	12:20:18	12:40:18	00:20:00	00:19:41
10003028	16:15:19	18:30:19	02:15:00	01:38:00
1000382	08:50:31	10:34:20	01:43:49	01:45:00
1000382	12:05:55	14:36:55	02:31:00	01:45:00
10003028	09:20:06	11:31:06	02:11:00	01:38:00
10003028	09:45:00	09:54:00	00:09:00	00:19:41
1000382	02:20:28	03:30:28	01:10:00	01:45:00
1000382	08:13:00	14:30:00	06:17:00	01:45:00

APÊNDICE A – DIFERENTES MUDANÇAS DE FABRICO POSSÍVEIS NA PRENSA HAULICK

Prensa	Produto atual	Produto seguinte	Mudança de família de produto	Tipo de mudança necessária
Haulick	500 35	500900	Não	Aço
Haulick	500 35	500 37	Sim	Aço + Ferramenta (4 módulos in/out)
Haulick	500 35	500 905	Sim	Aço + ferramenta (4 módulos in/out)
Haulick	500 900	500 35	Não	Aço
Haulick	500 900	500 37	Sim	Aço + ferramenta (4 módulos in/out)
Haulick	500 900	500 905	Sim	Aço + ferramenta (4 módulos in/out)
Haulick	500 37	500 35	Sim	Aço + Ferramenta (4 módulos in/out)
Haulick	500 37	500 900	Sim	Aço + ferramenta (4 módulos in/out)
Haulick	500 37	500 905	Não	Aço
Haulick	500 905	500 35	Sim	Aço + ferramenta (4 módulos in/out)
Haulick	500 905	500 900	Sim	Aço + ferramenta (4 módulos in/out)
Haulick	500 905	500 37	Não	Aço

APÊNDICE B – ANÁLISE DAS OPERAÇÕES DA PRIMEIRA RONDA DE MELHORIAS

Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão		
				Eliminar	Converter	Combinar
1	Abrir o sistema SAP para começar o registo	15	Grupo A (Interno)	-	-	-
2	Fazer o controlo do diâmetro dos furos e aspeto visual das quatro placas	45		-	-	-
3	Realizar pré bariagem	11		-	-	-
4	Realizar o controlo da espessura da placa	34		-	-	-
5	Abrir a folha do SAP para o próximo controlo	10		-	-	-
6	Realizar o controlo da altura do rebaixo	32		-	-	-
7	Abrir a folha do SAP para o próximo controlo	6		-	-	-
8	Realizar o controlo da altura dos canhões	41		-	-	-
9	Abrir a folha do SAP para o próximo controlo	3		-	-	-
10	Realizar o controlo da planicidade	36		-	-	-
11	Abrir folha com os valores aceitáveis de bisutagem	28		-	-	-
12	Realizar o controlo da bisutagem da cabeça e bisutagem central	140		-	-	-
13	Ir buscar empilhadora ao local de repouso	40	Grupo H (Externo)	-	P	P
14	Levar a empilhadora para a balança	92		-	P	P
15	Pesar o lote A	80		-	P	P
16	Apontar no SAP o peso do lote A	15		-	P	P
17	Deixar o lote na próxima operação (bariagem) e voltar para a prensa	85		-	P	P
18	Retirar tubos de óleos e cabos dos sensores dos módulos do lado da frente da prensa	55	Grupo D (Interno)	-	-	-
19	Ir buscar luvas junto ao espaço técnico da P2-H100	50	Grupo K (Externo)	S	-	-
20	Abrir alimentador (consola)	7	Grupo D (Interno)	-	-	-
21	Retirar fita do alimentador e cortar ponta	18		-	-	-
22	Analisar fita para perceber se havia defeitos nas placas	89	A eliminar	S	-	-
23	Ir buscar calços ao espaço técnico da HAULICK	23	Grupo K (Externo)	S	-	-
24	Colocar calços lado frente e trás da prensa nos batentes da carcaça	11		S	-	-
25	Baixar o cabeçote (consola)	45		S	-	-
26	Buscar chave à Kaiser 2 (chave 14)	44		S	-	-

Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão		
				Eliminar	Converter	Combinar
27	Desapertar parafusos carcaça lado de trás da prensa (5 parafusos)	94	A eliminar (carcaça)	S	-	-
28	Desapertar parafusos carcaça lado da frente da prensa (5 parafusos)	114		S	-	-
29	Subir o cabeçote (consola)	8		S	-	-
30	Ir buscar barras de esferas ao lado de trás da prensa	32		S	-	-
31	Colocar barras de esferas na mesa da prensa (lado frente prensa)	57		S	-	-
32	Ir buscar martelo ao carro de ferramentas junto à da kaiser 2	18		S	-	-
33	Buscar alicate de pressão ao carro de ferramentas junto à kaiser 2	28		S	-	-
34	Corrigir fuga do sistema hidráulico de esferas (apertar tubo)	30		S	-	-
35	Buscar chave de desapertar módulos ao espaço técnico da P2-H100	61	Grupo K (Externo)	S	-	-
36	Desapertar batentes da carcaça lado de trás da prensa (2 batentes do meio)	20	Grupo D (Interno)	S	-	-
37	Desapertar parafusos módulos (lado de trás da prensa) (16 parafusos)	70		S	-	-
38	Desapertar parafusos módulos (lado frente da prensa) (16 parafusos)	75		S	-	-
39	Manobrar/Posicionar <i>staker</i> para retirar módulos	55	Grupo K (Externo)	-	P	P
40	Retirar módulos dos encaixes da carcaça	55	Grupo D (Interno)	-	-	-
41	Retirar tubo de óleo de 1 módulo em falta	58		-	-	-
42	Retirar módulos para cima do <i>staker</i>	58		-	-	-
43	Manobrar <i>staker</i> para corredor	62	Grupo K (Externo)	-	-	-
44	Ajustar barras de esferas na mesa da prensa	203	A eliminar (carcaça)	S	-	-
45	Ir buscar caneta ao espaço técnico da P2-H100	141	Grupo K (Externo)	-	P	P
46	Puxar carcaça para lado trás da prensa	37	A eliminar (carcaça)	S	-	-
47	Registar nas pranchetas algum problema que os módulos possam ter	162	Grupo G (Interno)	-	-	-
48	Registar no SAP a mesma informação	136		-	-	-
49	Ir buscar empilhador	100	A eliminar (carcaça)	S	-	-
50	Posicionar empilhador para retirar a carcaça (lado de trás da prensa)	161		S	-	-
51	Retirar carcaça da mesa da prensa para cima do empilhador	373		S	-	-

Melhoria de um processo de mudança de fabrico aplicando um método SMED modificado: Um estudo de caso em prensas de corte e conformação.

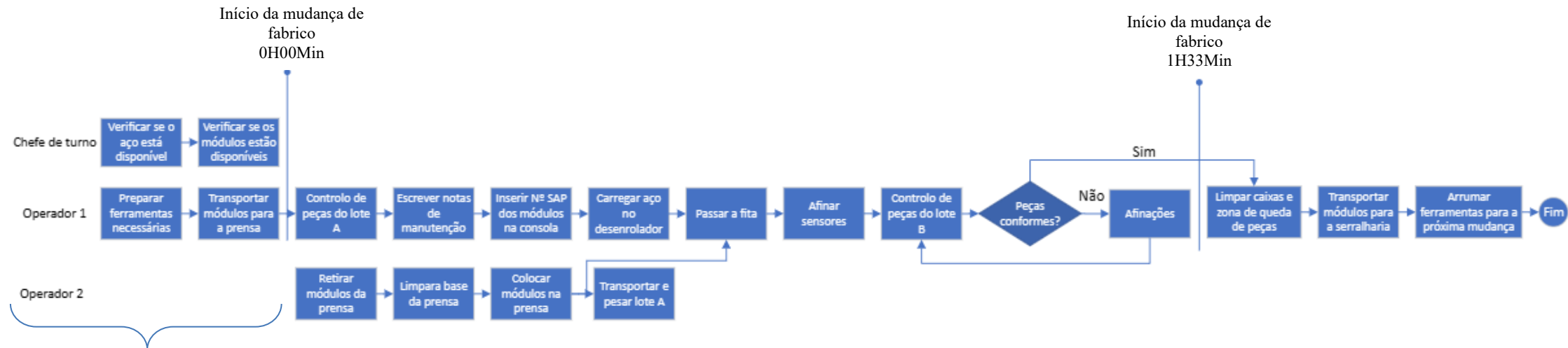
Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão		
				Eliminar	Converter	Combinar
52	Orientar manobra	161		S	-	-
53	Transportar carcaça para junto da banca de lavagem da serralharia	109		S	-	-
54	Transportar módulos para serralharia	109		S	-	-
55	Colocar carcaça na banca de lavagem da serralharia	71		S	-	-
56	Lavar carcaça na banca de lavagem da serralharia	619		S	-	-
57	Retirar carcaça para novo fabrico da estante e pousar em cima de rolo de aço junto ao desenrolador da haulick	66		S	-	-
58	Limpar carcaça de fabrico anterior dentro da torre com um pano	89		S	-	-
59	Retirar carcaça de fabrico anterior da torre e arrumar na estante	146		S	-	-
60	Auxiliar manobra de colocação da carcaça de fabrico anterior na estante	81		S	-	-
61	Limpar chão entre a estante e a banca de lavagem da serralharia	85		S	-	-
62	Limpar os garfos do empilhador	20		S	-	-
63	Trocar orientação da carcaça no empilhador	41		S	-	-
64	Transportar carcaça para prensa	79		S	-	-
65	Limpar mesa da prensa com pano (lado de trás da prensa)	47	Grupo L (Interno)	-	-	-
66	limpar mesa da prensa com pano (lado da frente da prensa)	123		-	-	-
67	Limpar escumilha dos rasgos da mesa da prensa (lado de trás da prensa)	75	A eliminar (carcaça)	S	-	-
68	Limpar mesa da prensa com pano (lado trás)	61		S	-	-
69	Colocar carcaça na prensa	167		S	-	-
70	Posicionar carcaça na mesa da prensa	121		S	-	-
71	Arrumar empilhador	103		S	-	-
72	Posicionar carcaça na mesa da prensa	18		S	-	-
73	Retirar barras de esferas da mesa da prensa	52		S	-	-
74	Baixar cabeçote da prensa	16		S	-	-
75	Arrumar barras de esferas junto ao lado trás da Haulick	46		S	-	-
76	Apertar parafusos carcaça (lado trás da prensa)	112		S	-	-
77	Buscar porca dentro da gamela (foi empurrada ao limpar os rasgos da mesa da prensa)	44		S	-	-
78	Apertar parafusos carcaça (lado trás da prensa)	145		S	-	-

Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão		
				Eliminar	Converter	Combinar
79	Ir buscar a ferramenta para apertar os parafusos	136		S	-	-
80	Apertar parafusos carcaça (lado trás da prensa)	195		S	-	-
81	Apertar parafusos carcaça (lado da frente da prensa)	88		S	-	-
82	Subir o cabecote e tirar os calços de madeira	36		S	-	-
83	Voltar a baixar o cabecote até uma determinada altura e retirar os batentes da carcaça	44		S	-	-
84	Procurar os módulos necessários	839	Grupo K (Externo)	S	-	-
85	Transportar módulos para a prensa	109		-	P	P
86	Colocar os módulos em posição dentro da prensa	119	Grupo E (Interno)	-	-	-
87	Levar <i>staker</i> para a serralharia	50	Grupo K (Externo)	-	S	-
88	Ir buscar uma caixa de ferramentas	130		-	S	-
89	Levantar a parte de cima dos módulos	33	Grupo E (Interno)	-	-	-
90	Apertar módulos	337		-	-	-
91	Apertar batentes	40		-	-	-
92	colocar tubos de óleo	73		-	-	-
93	Colocar os cabos dos sensores	102		-	-	-
94	Desapertar parafusos dos posicionadores do desenrolador e retirar os mesmos	40	Grupo B (Interno)	-	-	-
95	Desapertar o parafuso do local onde a fita vai entrar no endireitador	10		-	-	-
96	Fechar o desenrolador para que permita a entrada de um novo rolo	30		-	-	-
97	Colocar a grua em posição para levantar o novo rolo	30		-	-	-
98	Apontar o aço em utilização no papel que se encontra no endireitador	10		-	-	-
99	Posicionar o novo rolo de aço no desenrolador	68		-	-	-
100	Cortar as abraçadeiras que prendem o rolo	38		-	-	-
101	Abrir o desenrolador de forma a fixar o rolo no lugar	27		-	-	-
102	Colocar os posicionadores do desenrolador e apertar os parafusos dos mesmos	51		-	-	-
103	Retirar a grua do sítio	24		-	-	-
104	Cortar a última abraçadeira do rolo de aço	39		-	-	-
105	Cortar uma volta do rolo	21		-	-	-
106	Dobrar a fita de aço e a abraçadeira para ser mais fácil de transportar de seguida	22		-	-	-

Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão		
				Eliminar	Converter	Combinar
107	Retirar a fita antiga da prensa	40		-	-	-
108	Acompanhar a fita até a prensa	37		-	-	-
109	Cortar a ponta da fita na guilhotina para a poder passar no alimentador	20	Grupo C (Interno)	-	-	-
110	Abrir o alimentador e colocar a fita dentro da prensa	40		-	-	-
111	Ir buscar calços de ferro	20	Grupo K (Externo)	-	S	-
112	Colocar os calços de ferro na prensa (lado de trás da prensa)	15	Grupo C (Interno)	-	-	-
113	Colocar os calços de ferro (lado da frente da prensa)	37		-	-	-
114	Passar a fita até ao fim da prensa	143		-	-	-
115	Retirar os calços da parte de trás da prensa	10		-	-	-
116	Colocar a máquina na altura standard	20		-	-	-
117	Retirar os calços de ferro da parte da frente da prensa	35		-	-	-
118	Guardar os calços no local	9	Grupo K (Externo)	-	S	-
119	Acabar de passar a fita	52	Grupo C (Interno)	-	-	-
120	Golpe manual, colocar motor a 360° para afinar sensores	14		-	-	-
121	Afinar sensores (parte de trás da prensa)	44	Grupo C (Interno)	-	-	-
122	Afinar sensores (parte da frente da prensa)	95		-	-	-
123	Afinar sensores (parte da frente da prensa)	140		-	-	-
124	Ir buscar a ferramenta para tirar os batentes da prensa	60	Grupo K (Externo)	-	S	-
125	Continuar a afinar os sensores (parte da frente da prensa)	110	Grupo C (Interno)	-	-	-
126	Apertar o batente e fechar a porta da prensa	25		-	-	-
127	Última afinação dos sensores (parte de trás da prensa)	95		-	-	-
128	Fechar a porta da prensa	20		-	-	-
129	Colocar a prensa a trabalhar	40		-	-	-
130	arrumar o local (apanhar pedaços de fita e arrumar ferramentas e materiais)	120	Grupo J (Externo)	-	S	-
131	Abrir o SAP para começar o registo da qualidade	15	Grupo F (Interno)	-	-	-
132	Fazer o controlo do diâmetro dos furos e aspeto visual das quatro placas	45		-	-	-
133	Realizar pré bariagem	11		-	-	-
134	Realizar o controlo da espessura da placa	34		-	-	-
135	Abrir a folha do SAP para o próximo controlo	10		-	-	-
136	Realizar o controlo da altura do rebaixo	32		-	-	-

Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão		
				Eliminar	Converter	Combinar
137	Realizar o controlo da altura dos canhões	41		-	-	-
138	Abrir a folha do SAP para o próximo controlo	9		-	-	-
139	Realizar o controlo da planicidade	36		-	-	-
140	Abrir folha com os valores aceitáveis da bisutagem	28		-	-	-
141	Realizar o controlo da bisutagem da cabeça e central	140		-	-	-
142	Apontar na consola o número dos módulos	93	Grupo J (Externo)	-	S	-
143	Limpar as caixas e tirar as placas antigas	125		-	S	-
144	Apontar na prensa as placas e o lote que se estão a fabricar	71		-	S	-

APÊNDICE C – FLUXOGRAMA CRIADO PARA A PRIMEIRA RONDA DE MELHORIAS



Iniciar as operações do chefe de turno meio turno antes (4 horas) e as do operador 1 quando apenas faltar uma caixa para parar a máquina.

APÊNDICE D – DOCUMENTO COM TODAS AS OPERAÇÕES A REALIZAR PELOS OPERADORES APÓS A PRIMEIRA RONDA DE MELHORIAS

Modo operatório (um operador)			
Nº	Responsável	Tipo de operação	Operação
1	Operador	Interna	Controlo de peças do lote A.
2.1	Operador	Interna	Escrever as notas de manutenção.
2.2	Chefe de equipa	Interna	Transportar e pesar o lote A.
3	Operador	Interna	Cortar a fita para retirar os módulos.
4	Operador	Interna	Retirar módulos da prensa.
5	Operador	Interna	Limpar a base da prensa.
6	Operador	Interna	Colocar módulos na prensa.
7	Operador	Interna	Inserir número SAP dos módulos na consola.
8	Operador	Interna	Carregar aço no desenrolador.
9	Operador	Interna	Passar a fita.
10	Operador	Interna	Afinar sensores.
11	Operador	Interna	Controlo de peças do lote B.
12	Operador	Controlo/decisão	Peças estão conformes? (Não – Tarefa 13.A Sim – Tarefa 13.B).
13.A	Operador	Interna	Realizar afinações necessárias e voltar a tarefa 11.
13.B	Operador	Interna	Limpar caixas e zona de queda de peças.

*** A operação 2.1 e 2.2 devem ocorrer em simultâneo

Modo operativo (dois operadores)			
Nº	Responsável	Tipo de operação	Operação
1.1	Operador 1	Interna	Controlo de peças do lote A.
1.2	Operador 2	Interna	Cortar a fita para retirar os módulos.
2.1	Operador 1	Interna	Escrever as notas de manutenção.
2.2	Operador 2	Interna	Retirar módulos da prensa.
3.1	Operador 1	Interna	Inserir número SAP dos módulos na consola.
3.2	Operador 2	Interna	Limpar a base da prensa.
4.1	Operador 1	Interna	Carregar aço.
4.2	Operador 2	Interna	Colocar módulos na prensa.
5.1	Operador 1	Interna	Passar fita.
5.2	Operador 2	Interna	Transportar e pesar lote A.
6	Operador 1	Interna	Afinar sensores.
7	Operador 1	Interna	Controlo de peças do lote B.
8	Operador 1	Controlo/decisão	Peças estão conformes? (Não – Tarefa 9.A Sim – Tarefa 9.B).
9.A	Operador 1	Interna	Realizar afinações necessárias e voltar a tarefa 7.
9.B	Operador 1	Interna	Limpar caixas e zona de queda de peças.
*** O operador 1 é o que está afeto à prensa, enquanto o operador 2 serve apenas de apoio. Após a operação 5.2 o operador 2 pode voltar às suas atividades normais.			

Checklist de operações a realizar antes do início da mudança

Responsável	Operação	Início da preparação
Chefe de equipa	Verificar se existe o aço necessário para o novo fabrico e colocá-lo em posição na palete ao lado do desenrolador.	Meio turno antes
Chefe de equipa	Verificar se os módulos necessários estão reparados e prontos para ser utilizados.	Meio turno antes
Operador	Verificar se todas as ferramentas e EPI's necessários para a mudança de fabrico estão disponíveis (carro de ferramentas).	Uma caixa antes
Operador	Transportar os novos módulos da serralharia para a prensa.	Uma caixa antes

Checklist de operações a realizar após o fim da mudança

Responsável	Operação
Operador	Transportar módulos para a serralharia
Operador	Arrumar ferramentas no local apropriado (carro de ferramentas)

Checklist de Ferramentas necessárias
Braço de força
Calços de 0.5 mm
Caixa onde colocar os parafusos
Caneta
Caneta de feltro
Chave para retirar os batentes
Jogo de chaves sextavadas
Luvax
Panos para a limpeza da máquina
Tesoura
Chave sextavada para afinar os sensores

APÊNDICE E - ANÁLISE DAS OPERAÇÕES DA SEGUNDA RONDA DE MELHORIAS (OPERADOR 1)

Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão		
				Eliminar	Converter	Combinar
1	Controlar o diâmetro dos furos	37	Controlo de peças (Interno)	-	-	-
2	Controlar espessura da placa	42		-	-	-
3	Controlar altura dos canhões	32		-	-	-
4	Controlar planicidade	40		-	-	-
5	Controlar altura do rebaixo	35		-	-	-
6	Controlo visual	25		-	-	-
7	Escrever notas de manutenção nas pranchetas	114	Operações posteriores (Externo)	-	S	-
8	Apontar número de golpes do módulo que estavam na prensa	59	Controlo de peças (Interno)	-	-	-
9	Fazer notas no SAP	147	Operações posteriores (Externo)	-	S	-
10	Procurar carro para levar os módulos (primeiro na serralharia depois ao pé do desenrolador)	100	Operação a eliminar	S	-	-
11	Ir buscar luvas e tesoura	50	Operações prévias (Externo)	-	S	-
12	Cortar um pedaço do rolo de aço para o conseguir retirar do endireitador	20	Mudança de aço (Interno)	-	-	-
13	Retirar o resto da fita do endireitador	16		-	-	-
14	Arrumar tensionador de fita	9	Operações posteriores (Externo)	-	S	-
15	Dobrar a ponta do rolo para prender aos arames	30	Mudança de aço (Interno)	-	-	-
16	Ir buscar a chave sextavada	30	Operações prévias (Externo)	-	-	-
17	Retirar os batentes do desenrolador	20	Mudança de aço (Interno)	-	-	-
18	Abrir o endireitador	15		-	-	-
19	Por a cinta da ponte a volta do rolo de aço	40		-	-	-
20	Fechar o desenrolador	20		-	-	-
21	Colocar o rolo de aço em cima da palete	45		-	-	-
23	Colocar a cinta da ponte a volta do novo rolo de aço	35		-	-	-
24	Colocar o novo rolo de aço em posição	70		-	-	-
25	Cortar uma abraçadeira	20		-	-	-

Melhoria de um processo de mudança de fabrico aplicando um método SMED modificado: Um estudo de caso em prensas de corte e conformação.

Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão		
				Eliminar	Converter	Combinar
26	Abrir o desenrolador	30		-	-	-
27	Retirar a ponte do caminho	25		-	-	-
28	Cortar o resto das abraçadeiras	35		-	-	-
29	retirar o lixo que se encontra ao pé do rolo de aço	24		-	-	-
30	Passar a fita no endireitador	50		-	-	-
31	Arrumar o espaço ao pé do desenrolador (levar as partes do rolo cortadas e abraçadeiras para o lixo)	45		-	-	-
32	Ir a serralharia por engano	50	Operação a eliminar	S	-	-
33	Levar as pranchetas para ao pé dos módulos antigos	30	Operações posteriores (Externo)	-	S	-
34	Apontar o número dos módulos na consola	127		-	S	-
35	Colocar tubos de óleo e dos sensores nos módulos	253	Passagem da fita (Interno)	-	-	-
36	Arrumar o local de trabalho	60	Operações posteriores (Externo)	-	S	-
37	Puxar fita até ao alimentador e cortar ponta na guilhotina	50	Passagem da fita (Interno)	-	-	-
38	Passar fita no alimentador	60		-	-	-
39	Colocar a fita a entrada do módulo um	80		-	-	-
40	Colocar os calços de 0,5 mm nos batentes na parte da frente da prensa	40		-	-	-
41	Colocar os calços de 0,5 mm nos batentes na parte de trás da prensa	25		-	-	-
42	Acabar de passar a fita em modo manual golpe a golpe	45		-	-	-
43	Retirar os calços de 0,5 mm da parte da frente da prensa	15		-	-	-
44	Retirar os calços de 0,5 mm da parte de trás da prensa	30		-	-	-
45	Dar alguns golpes na fita em modo manual	100		-	-	-
46	Afinar os sensores da parte da frente da prensa	240	Afinar os módulos (Interno)	-	-	-
48	Afinar os sensores da parte de trás da prensa	150		-	-	-
49	Acabar de afinar os sensores no lado da frente da prensa	180		-	-	-
50	Colocar a prensa a trabalhar	60	Controlo de peças /Interno)	-	-	-
51	Esperar que a máquina esteja a velocidade de produção e aqueça	340		-	-	-
52	Escolha das placas a controlar e controlo visual	50		-	-	-
53	Pré bariagem e controlo da espessura da placa	40		-	-	-

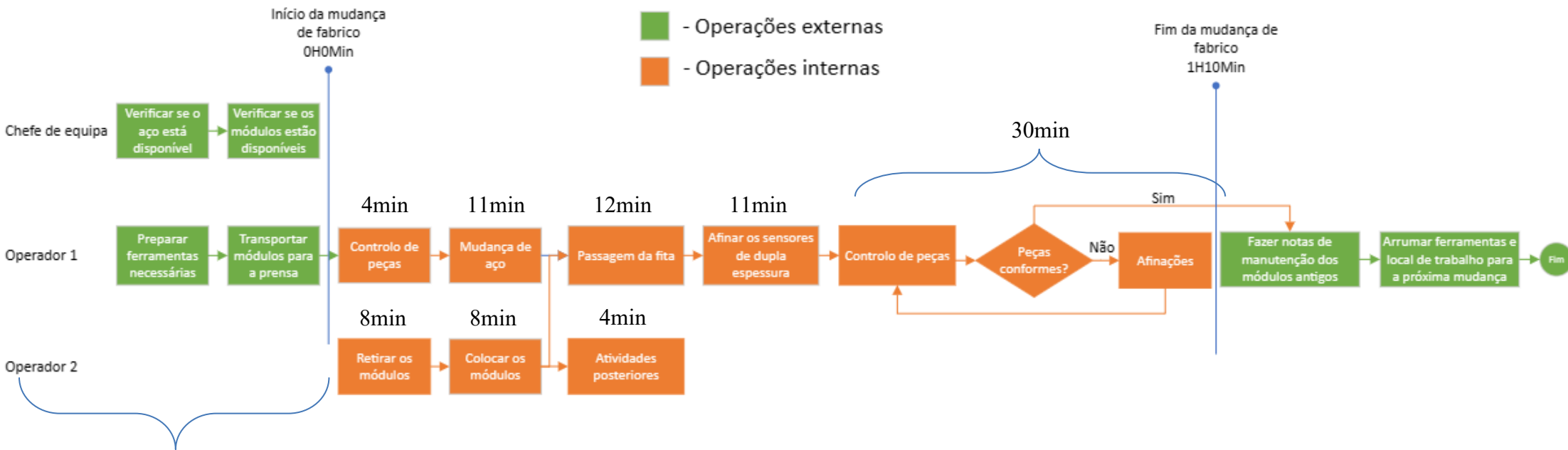
Melhoria de um processo de mudança de fabrico aplicando um método SMED modificado: Um estudo de caso em prensas de corte e conformação.

Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão		
				Eliminar	Converter	Combinar
54	Controlar altura dos canhões	57		-	-	-
55	Controlo da planicidade	43		-	-	-
56	Parar a máquina	30		-	-	-
57	Escolha das placas a controlar e controlo visual	40		-	-	-
58	Controlo do diâmetro dos furos	40		-	-	-
59	Controlo da bisutagem central e da bisutagem da cabeça	130		-	-	-
60	Controlo da planicidade	110		-	-	-
61	Retirar uma régua de um dos módulos para afinar na serralharia	100		-	-	-
62	Trocar calço da régua na serralharia	140		-	-	-
63	Colocar a régua	25		-	-	-
64	Por a máquina a trabalhar	28		-	-	-
65	Por a máquina a trabalhar	10		-	-	-
66	Esperar que a máquina esteja a velocidade de produção e aqueça	115		-	-	-
67	Escolha das placas a controlar e controlo visual	55		-	-	-
68	Controlo da planicidade	50		-	-	-
69	Parar a máquina	30		-	-	-
70	Escolha das placas a controlar e controlo visual	40		-	-	-
71	Controlo da planicidade	50		-	-	-
72	Ir buscar a balança e pesar a sucata	55	Operações posteriores (Externo)	-	S	-
73	Fazer a limpeza das caixas e do local onde caem as placas	245	Controlo de peças (Interno)	-	-	-
74	Colocar a máquina a trabalhar	39		-	-	-

APÊNDICE F - ANÁLISE DAS OPERAÇÕES DA SEGUNDA RONDA DE MELHORIAS (OPERADOR 2)

Nº	Operação	Duração (s)	Grupo de operações	Decisão		
				Eliminar	Converter	Combinar
1	Ir buscar a tesoura para cortar a fita	25	Operações prévias (Externo)	S	-	-
2	Retirar a fita de dentro da prensa	25	Mudança de aço (Interno)	-	-	-
3	Retirar a fita do alimentador	20		-	-	-
4	Tentar cintar fita	55	A eliminar	S	-	-
5	Ir buscar arame	35	Operações prévias (Externo)	-	S	-
6	Cortar a fita para separar o rolo do endireitador	50	Mudança de aço (Interno)	-	-	-
7	Cintar o rolo com arame	25		-	-	-
8	Arrumar a ferramenta	35	Operações posteriores (Externo)	-	S	-
9	Retirar tubos de lubrificação e sensores dos módulos do lado da frente da prensa	90	Retirar os módulos (Interno)	-	-	-
10	Ir buscar jogo de chaves sextavada para desapertar módulos	40	Operações prévias (Externo)	-	S	-
11	Desapertar batentes	20	Retirar os módulos (Interno)	-	-	-
12	Desapertar os parafusos dos módulos	145		-	-	-
13	Retirar as cavilhas centradoras dos módulos	15		-	-	-
14	Colocar o <i>staker</i> em posição	70		-	-	-
15	Procurar outro <i>staker</i> que permitisse retirar os módulos	230	A eliminar	S	-	-
16	Retirar os módulos	70	Retirar os módulos (Interno)	-	-	-
17	Limpar a carcaça	50		-	-	-
18	Ir buscar outro <i>staker</i>	340	A eliminar	S	-	-
19	Colocar os módulos na prensa	80	Colocar os módulos (Interno)	-	-	-
20	Posicionar os módulos	30		-	-	-
21	Colocar cavilhas	40		-	-	-
22	Colocar os parafusos de baixo	50		-	-	-
23	Colocar os parafusos de cima	60		-	-	-
24	Apertar os parafusos	135		-	-	-
25	Arrumar os módulos	80		-	S	-
26	Atualizar o quadro de módulos	70		-	S	-

APÊNDICE G - DOCUMENTO COM TODAS AS OPERAÇÕES A REALIZAR PELOS OPERADORES APÓS A SEGUNDA RONDA DE MELHORIAS



Iniciar as operações do chefe de turno meio turno antes (4 horas) e as do operador 1 quando apenas faltar uma caixa para parar a máquina.

Melhoria de um processo de mudança de fabrico aplicando um método SMED modificado: Um estudo de caso em prensas de corte e conformação.

Instruções de trabalho para o operador 1

Grupo de operações	Nº operação	Tipo de operação	Operação	Local
Controlo de peças	1	Interna	Realizar controlo de qualidade das peças do lote A	Espaço técnico - E
	2	Interna	Apontar número de golpes dos módulos que estavam na prensa.	Prensa - A
Mudança de aço	3	Controlo	Qual o estado do rolo? (Não – operação 4 Sim – operação 16).	Desenrolador - C
	4	Interna	Retirar fita de dentro dos módulos e colocar a mesma no espaço técnico.	Prensa – A
	5	Interna	Retirar a fita do alimentador.	Prensa – A
	6	Interna	Cortar a fita para separar o rolo do endireitador.	Desenrolador – C
	7	Interna	Cortar um pedaço da fita para a conseguir retirar do desenrolador.	Desenrolador – C
	8	Interna	Retirar fita do desenrolador.	Desenrolador – C
	9	Interna	Levar a fita cortada para o lixo.	Gamela – F
	10	Interna	Cintar a fita.	Desenrolador – C
	11	Interna	Retirar os batentes do desenrolador.	Desenrolador – C
	12	Interna	Abrir o endireitador.	Desenrolador – C
	13	Interna	Colocar a cinta da ponte a volta do rolo de aço.	Desenrolador – C
	14	Interna	Fechar o desenrolador.	Desenrolador – C
	15	Interna	Colocar o rolo de aço em cima da palete.	Desenrolador – C
	16	Interna	Operações referentes ao carregamento do novo rolo de aço (verificar restantes operações de mudança de rolo no MO.DPE.28).	Desenrolador - C
Passagem da fita	17	Interna	Operações de passagem da fita (verificar as operações de passagem de fita para no MO.DPE.28).	Desenrolador – C
Afinar os sensores de dupla espessura	18	Interna	Afinar os sensores do lado da frente da prensa.	Prensa - A
	19	Interna	Afinar os sensores do lado de trás da prensa.	Prensa - B
	20	Interna	Finalizar a afinação dos sensores do lado da frente da prensa.	Prensa - A
	21	Interna	Finalizar a afinação dos sensores do lado de trás da prensa.	Prensa - B
Controlo de peças	22	Interna	Colocar a prensa a trabalhar utilizando a consola.	Prensa A
	23	Interna	Esperar que a máquina esteja a velocidade de produção e aqueça.	Prensa - A
	24	Interna	Realizar controlo de qualidade das peças do lote B	Espaço técnico - C
	25	Controlo	Peças estão conformes? (Não – Tarefa 25 Sim – Tarefa 26).	Espaço técnico - C
	26	Interna	Realizar afinações necessárias e voltar a tarefa 24.	Serralharia - D
Limpar caixa e zona de queda de peças	27	Interna	Realizar a limpeza do local de caída de peças.	Prensa - A
-	28	Interna	Colocar a máquina a trabalhar.	Prensa - A

Instruções de trabalho para o operador 2				
Grupo	Nº operação	Tipo de operação	Operação	Local
Retirar os módulos	1	Interna	Retirar os tubos de óleo e dos sensores dos módulos.	Prensa - A
	7	Interna	Desapertar batentes da carcaça.	Prensa - B
	8	Interna	Desapertar os parafusos dos módulos.	Prensa - B
	9	Interna	Retirar as cavilhas dos módulos.	Prensa - B
	10	Interna	Colocar o staker em posição para tirar os módulos.	Prensa - B
	11	Interna	Retirar os módulos.	Prensa - B
	12	Interna	Limpar a carcaça.	Prensa - B
Colocar os módulos	13	Interna	Colocar os módulos na prensa	Prensa - B
	15	Interna	Colocar o staker com os módulos antigos na sua posição de repouso.	Prensa - B
	16	Interna	Posicionar os módulos.	Prensa - B
	17	Interna	Colocar as cavilhas.	Prensa - B
	18	Interna	Colocar os parafusos de baixo.	Prensa - B
	19	Interna	Colocar os parafusos de cima.	Prensa - B
	20	Interna	Apertar os parafusos (começar pelo módulo da esquerda, ou seja, o primeiro módulo).	Prensa - B
21	Interna	Apertar os batentes da carcaça.	Prensa - B	
Atividades posteriores	22	Interna	Transportar e pesar o lote A.	Prensa - A

Melhoria de um processo de mudança de fabrico aplicando um método SMED modificado: Um estudo de caso em prensas de corte e conformação.

Checklist de operações a realizar antes do início da mudança

Responsável	Operação	Início da preparação
Chefe de equipa	Verificar se existe o aço necessário para o novo fabrico e colocá-lo em posição na palete ao lado do desenrolador.	Meio turno antes
Chefe de equipa	Verificar se os módulos necessários estão reparados e prontos para ser utilizados.	Meio turno antes
Operador 1	Verificar se todas as ferramentas e EPI's necessários para a mudança de fabrico estão disponíveis (carro de ferramentas).	Uma caixa antes
Operador 1	Transportar os novos módulos da serralharia para a prensa utilizando Staker definido na checklist de ferramentas necessárias.	Uma caixa antes
Operador 1	Verificar o estado do rolo antigo (ou seja, se este já acabou ou não).	Uma caixa antes

Checklist de operações a realizar após o fim da mudança

Responsável	Operação
Operador 2	Transportar módulos e fita para a serralharia e arrumar os módulos no local pré-determinado.
Operador 2	Atualizar o quadro de módulos.
Operador 1	Arrumar local de trabalho e ferramentas no local apropriado (carro de ferramentas).
Operador 1	Escrever notas de manutenção dos módulos antigos nas pranchetas.
Operador 1	Colocar o número dos módulos na consola.

***As operações do operador 2 devem ser realizadas assim que ele termina o resto das suas operações e não quando toda a mudança de fabrico termina.**

Checklist de Ferramentas necessárias

Braço de força.
Calços de 0.5 mm.
Caneta.
Caneta de feltro.
Chave para retirar os batentes.
Jogo de chaves sextavadas.
Luvas.
Panos para a limpeza da máquina.
Tesoura.
Staker (staker mais recente, e que tem uma capacidade de peso superior).
Material para cintar o rolo de aço antigo.

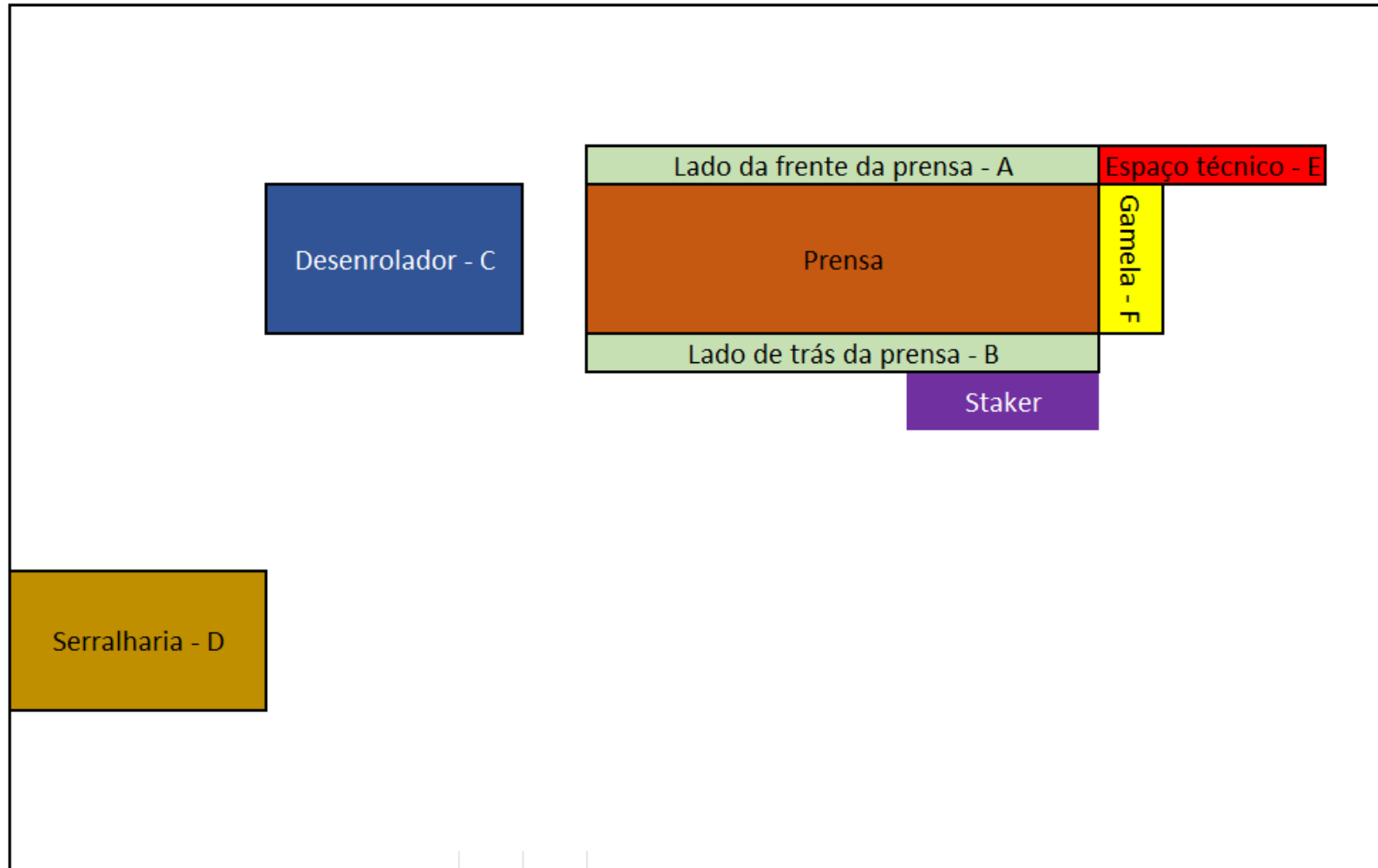


Diagrama dos locais da fábrica